

HELSINGIN YLIOPISTO

MATEMATIIKAN JA TILASTOTIETEEN LAITOS

PRO GRADU -TUTKIELMA

Verkkomateriaalit yliopistotason
matematiikan opintojen
tukikeinona

Kirjoittaja:

Juuso NIEMINEN

Ohjaajat:

Antti RASILA

Mika KOSKENOJA

Mira KALALAHTI

3. toukokuuta 2017



Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos/Institution– Department	
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Matematiikan ja tilastotieteen laitos	
Tekijä/Författare – Author			
Juuso Nieminen			
Työn nimi / Arbetets titel – Title			
Verkkomateriaalit yliopistotason matematiikan opintojen tukikeinona			
Oppiaine /Läroämne – Subject			
Matematiikka			
Työn laji/Arbetets art – Level		Aika/Datum – Month and year	
Pro gradu -tutkielma		Huhtikuu 2017	
		Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages	
		104 sivua + 21 liitesivua	
Tiivistelmä/Referat – Abstract			
<p>Kaksiosaisessa pro gradu –työssäni tutkin tietokonepohjaisten tukimuotojen käyttöä yliopistomatematiikan kontekstissa niin kirjallisuuskatsauksen kuin tapaustutkimuksenkin keinoin. Yliopiston massakurssien resursseilla peruskoulumainen erityisopetus ei ole mahdollista, vaikka yksilöllistä tukea tarvitsevia opiskelijoita kurssille osallistuisikin. Toisaalta matematiikan vaikeudet ovat suuri uhka akateemiselle menetykselle (Mazzocco 2007), mikä on nähtävissä erityisesti insinöörikoulutusten opiskelijoiden heikkona suorituksen tasona (Bamforth et al. 2007). Ratkaisuksi on kehitetty erilaisia tietotekniikan käyttöön perustuvia tehtäviä ja aktiviteetteja, sillä tietotekniikan kehittyessä sen mahdollisuudet pedagogisesti mielekkääseen opetuskäyttöön ovat nousseet. Tutkimukseni tarkoituksena on ensin kartoittaa yliopistoissa käytettyjä matematiikan verkkotuen muotoja sekä soveltaa tätä teoriapohjaa Aalto-yliopiston matematiikan ja tilastotieteen laitoksen kurssin Matriisilaskenta (MS-A0002) tuen kehitystyössä.</p> <p>Monimenetelmäisessä työssäni nojaan triangulaatioon (Eskola & Suoranta 1998, 69 – 70) niin teorioiden, aineistojen kuin menetelmienkin osalta. Teoriatriangulaatio näkyy monitieteisessä teoriaosuudessa. Käsitellen matemaattista tieto- ja oppimiskäsitystä erityisesti konstruktivistisesta näkökulmasta. Matemaattisen osaamisen jaan Kilpatrickin ja kollegojen (2001, 116) mukaisesti konseptuaaliseen ymmärtämiseen, mielenkiintoon sekä proseduraalisiin, deduktiivisiin ja strategisiin taitoihin. Jaan työssäni tukkeinot oppimisen tukeen ja arviointiin, joten kartoitan molempiin liittyvää teoriapohjaa. Arvioinnin osalta käsitellen etenkin formatiivisen arvioinnin osalta – tämä pohjaa jatkuvaan informaation keräämiseen opiskelijan tietopohjasta (Boston 2002). Esittelen erityispedagogista teoriapohjaa liittyen matematiikan oppimisen vaikeuksiin, ja hahmotan tämän pohjalta tuen tarpeen laajaa käsitettä erityisesti subjektiivisen ja pragmaattisen näkökulman kautta. Erityisesti sidon tätä teoriapohjaa käsitykseen siitä, että matematiikan vaikeudet olisivat osa juuri insinöörikoulutusta (Parsons & Adams 2005, 2). Käsitellen myös verkko-opetuksen ja sulautuneen opetuksen teoriapohjaa.</p> <p>Paneuduin yliopistokontekstissa tehtyihin, tietokoneen avulla toteutettujen matematiikan osaamisen tuen interventiotutkimuksiin systemaattisen kirjallisuusanalyysin metodin avulla (Salminen 2011). Pohjana käyttiin meta-analyysiä (Li & Ma 2010), joka suunnattiin alemmille kouluasteille, mutta jonka kriteeristöt artikkelien tarkkaan valintaan sopivat hyvin siirrettäväksi omaan työhöni. Analysoin 25 artikkelin esittelemää tietotekniikan avulla tarjottavaa tukikeinoa niin pedagogisen viitekehyksen, tietotekniikan roolin kuin tuen vaikuttavuudenkin näkökulmasta. Aineiston monimuotoisuuden vuoksi pidin kirjallisuusanalyysini laadullisena katsauksena. Kirjallisuusanalyysin päätuloksena voidaan pitää sitä, että tietokoneen avulla toteutetun tuen suunnitteluvaiheessa on syytä kiinnittää huomiota niin tietotekniikan rooliin kuin pedagogiseen viitekehykseenkin. Lafuentea ja kollegoja (2014) mukaillen voidaan todeta, että suuria tarjotun tuen aikaansaamia tuloksia odotettaessa on tukimuodon oltava rooliltaan merkittävä ja riittävän monipuolinen.</p> <p>Tapaustutkimuksen keinoin pyrin analysoimaan ja kehittämään Matriisilaskenta-kurssin tukimuotoja siten, että käyttiin pohjana kirjallisuusanalyysin tuloksia. Keräsin kurssin opiskelijoilta ja henkilökunnalta mixed methods –lähestymistapaan nojaten kyselylomake- sekä haastatteluaineistoa kartoittaakseni koettuja tuen tarpeita kurssilla. Lisäksi kysyin niin opiskelijoilta, kurssin assistenteilta sekä luennoitsijalta kokemuksia siitä, kuinka tämän kurssin opiskelijat näkivät tarjotun tuen vastaavan omiin tuen tarpeisiinsa. Analysoin aineistoni laadullisen osan teoriaohjaavasti (Tuomi & Sarajärvi 2009, 96 – 97) sisällönanalyysin keinoin ja määrällisen osan tilastollisin menetelmin.</p> <p>Työni empiirisen osion tulokset olivat monimuotoisia. Määrällisen analyysin perusteella kartoitettiin matematiikan osaamisen kokemus deduktiivisten ja strategisten taitojen osalta pienemmäksi kuin muut taidot. Erityisesti kurssia MOOC-toteutustavalla suorittavat opiskelijat arvioivat kokemusta osaamisensa tasosta pienemmäksi kuin muut. Laadullisessa analyysissä löysin kolme opiskelijatyyppeä, joille suosittelen kohdistettavaksi hieman erilaisia tukikeinoja. Tuen tarpeita, joihin opiskelijat eivät kokeneet saavansa kurssin puolesta, ilmeni erityisesti sosiaalisen oppimisen sekä kurssimateriaalin yksipuolisuuden suhteen. Tietokoneperustainen, automaattinen arvio koettiin laajasti merkittäväksi tuen tarjoajaksi.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
oppimisen tuki korkeakoulukontekstissa, formatiivinen arviointi, sulautunut opetus, matematiikan oppimisen vaikeudet, tuen tarve			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Kumpulan tiedekirjasto – E-thesis (opinnäytteet) ethesis.helsinki.fi			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Sisältö

1	Johdanto	3
I	Katsaus kirjallisuuteen	5
2	Matemaattinen tieto ja oppiminen	5
2.1	Konstruktivismi pedagogisena viitekehyksenä	5
2.1.1	Triviaali ja radikaali konstruktivismi	6
2.2	Matematiikka ja konstruktivismi	7
2.3	Matemaattisen osaamisen osa-alueet	8
3	Oppimisen arviointi	10
3.1	Arviointimenetelmien jaottelua	10
3.2	Formatiivinen arviointi	11
3.3	Arviointi tuen tarjoajana	12
4	Oppimisen vaikeudet ja tukeminen korkeakoulukontekstissa	14
4.1	Oppimisvaikeudet ja korkeakouluopinnot	14
4.2	Matematiikan oppimisvaikeudet	15
4.2.1	Dyskalkulia	15
4.2.2	Vaikeudet matematiikassa	17
4.3	Muu matematiikan tuen tarve korkeakouluissa	18
4.4	Matemaattisen osaamisen taso teknillisissä korkeakouluissa . .	19
4.5	Matematiikan oppimisen tukikeinot korkeakoulutuksessa . . .	21
5	Tietotekniikka opetuskäytössä	24
5.1	Tietotekniikka ja opetuksen muodot	24
5.1.1	Sulautunut oppiminen ja opetus	24
5.1.2	Verkko-opetus	26
5.2	Tietotekniikka ja oppiminen	28
5.3	Tietotekniikka ja matematiikan opetus	29
5.4	Tietokoneperusteinen arviointi	32
5.5	Tietokoneperusteinen matematiikan oppimisen tuki	33
5.6	STACK-ohjelmisto	35

6	Tietotekniikka yliopistotason matematiikan oppimisen tuen toteuttajana	38
6.1	Kirjallisuuskatsaus tutkimusmetodina	38
6.2	Tutkimustehtävä ja hypoteesit	40
6.3	Kirjallisuusaineiston esittely	40
6.4	Kirjallisuusaineiston analyysi	42
6.5	Johtopäätökset	49
6.6	Kirjallisuuskatsauksen arviointia	53
II	Matriisilaskennan kurssin tukea kehittämässä	55
7	Tapaustutkimuksen toteutus	56
7.1	Kontekstin esittelyä	56
7.2	Tutkimustehtävä ja tutkimuskysymykset	57
7.3	Tutkimusstrategia	58
7.4	Tutkimusasetelma	59
7.5	Aineisto ja aineistonkeruumenetelmät	61
7.6	Aineiston analyysimenetelmät	68
7.7	Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys	71
8	Tutkimustulokset ja analyysi	76
8.1	Löydetyt tuen tarpeet	76
8.2	Tuen tarpeiden ja tarjotun tuen kohtaaminen	87
8.3	Yhteenveto	99
9	Johtopäätökset	101
	Viitteet	106
A	Liitteet	

1 Johdanto

Tietotekniikkaa on valjastettu matematiikan opetuskäyttöön jo vuosikymmenten ajan. Erityisen yleistä tämä on ollut korkeakouluissa, joissa digitalisaation keinoin on voitu saavuttaa hyvinkin suurien massakurssien osallistujia (Garrison & Kanuka 2004). Teknologian kehittyessä sen tarjoamat mahdollisuudet kasvavat. Tämä kehitys mahdollistaa sen, että mielekkään, pedagogisen suunnittelutyön avulla on mahdollista käyttää tietoteknisiä sovelluksia aitoina, omat rajansa ja mahdollisuutensa tiedostavana instrumenttina. Tässä pro gradu –työssäni hahmottelen tietotekniikan soveltuvuutta yliopistotason matematiikan tuen tarjoajaksi niin kirjallisuuskatsauksen kuin tapaustutkimuksenkin keinoin.

Erityisen tärkeä kysymys mielekkäästä matematiikan tuesta on teknillisten korkeakoulujen kontekstissa. Opiskelijoilta vaaditaan tietty matematiikan osaamisen taito koulutuspohjaansa (Parsons & Adams 2005). Toisaalta insinööriopiskelijoiden matematiikan osaamisen tason on todettu laskeneen ja tasoerojen syventyneen (Bamforth et al. 2007). Hahmotan tässä työssä matematiikan tuen tarvetta korkeakoulukontekstissa sekä subjektiivisesta että pragmaattisesta näkökulmasta – toisaalta tukea on tarjottava sille, joka sitä itse kokee tarvitsevansa, ja toisaalta yliopiston on tuen avulla varmistettava esimerkiksi kurssien läpäiseminen sekä lopulta valmistuminen opiskelijalle, joka ei ilman tukea suoriutuisi. Tarkastelen työssäni myös oppimisvaikeuksien teoriaa, sillä oppimisvaikeuksista kärsivien korkeakouluopiskelijoiden on jopa todettu valmistuvan verrokkeja hitaammin (Cohn 1998). Toisaalta jo lapsesta todetut matematiikan oppimisen vaikeudet voivat olla hyvinkin pysyviä (Butterworth & Reigosa 2007).

Lähestyn aiheittani monimenetelmäisestä tulokulmasta. Työssäni hahmotan matematiikan tukea nimenomaan tietotekniikan näkökulmasta. Lähestyn kuitenkin tätä aihekokonaisuutta myös erityispedagogiikan tieteen käsitteistön avulla. Tämä moninaisuus näkyy laajassa teoriapohjassani, mutta myös siinä, että työni tavoitteena on kartoittaa spesifin alan tutkimuskenttää. Pyrin tutkimaan tietoteknisten järjestelmien soveltuvuutta nimenomaan tuen tarjoajaksi – aiemman tutkimuksen perusteella tällainen lähestymistapa on järkevä, sillä esimerkiksi Lin ja Man meta-analyysissä tietotekniikan kon-

struktivistisen opetuskäytön todettiin parantavan juuri heikkojen oppijoiden oppimistuloksia (Li & Ma 2010). Monimenetelmäisyys näkyy työssäni niin teorioiden, aineistojen kuin menetelmienkin triangulaationa (Eskola & Suoranta 1998, 69 - 70).

Työni jakautuu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa määrittelen termistöä ja teoriaa tutkimustani varten niin matematiikan kuin tietoteknisten opetusvälineidenkin osalta. Opetus ja arviointi nähdään työssäni tuen ensisijaisina välineinä, joten esittelen tutkimuspohjaa molempien käsitteistöihin liittyen. Lopulta tarkastelen systemaattisen kirjallisuuskatsauksen keinoin niitä interventioita ja tukikeinoja, joita on kohdistettu yliopistotason matematiikan opinnoissa heikosti suoriutuville opiskelijoille. Pyrin tämän katsauksen avulla hahmottamaan tutkimuskenttääni sekä löytämään analyysin keinoin erilaisia periaatteita ja käytäntöjä, joita kannattaisi tietotekniikan tukikäytössä suosia.

Työni toisessa osassa jalkaudun tarkastelemaan Aalto-yliopiston keväällä 2017 järjestetyn Matriisilaskenta-kurssin (MS-0002) tukimuotoja tapaustutkimuksen keinoin. Pyrin sijoittamaan Aalto-yliopiston tarjoaman tietoteknisen tuen aiemmin kartoittamani kirjallisuuden kartalle ja muotoilemaan periaatteita kurssin tukimuotojen kehittämiseksi. Tapaustutkimuksen teoriapohjassa nojaan pitkälti Yinin oppeihin (Yin 2013). Mixed methods -lähestymistavalla pyrin luomaan mahdollisimman monipuolisen katsauksen siihen, kuinka kurssin opiskelijat ja henkilökunta käsittävät tuen tarpeet kursilla sekä siihen, kuinka kurssin järjestelyt pyrkivät nämä tarpeet kohtamaan. Tämä empiirinen osuus pyrkii analyttisen yleistämisen (Yin 2013, 41 - 44) keinoin kartuttamaan teoriapohjaa mielekkäästi toteutetuista korkeakoulumatematiikan tuen keinoista.

On mielestäni perusteltua, että juuri korkeakoulutasolla tarjottavaa matematiikan tukea suunniteltaisiin tietoteknisin välinein toteutettavaksi - onhan suurilla massaluennoilla huomattavasti vähemmän opettajaresursseja tukemaan opiskelijoita kuin vaikkapa peruskoulukontekstissa. Monet kehitellyt matematiikan tietotekniset opetusvälineet, kuten Aalto-yliopistossa käytettävät STACK-tehtävät, auttavat osaltaan jo varmasti myös matematiikan tukea tarvitsevia opiskelijoita. Työssäni pyrin sekä kartoittamaan tällaisten tehtävien piirteitä että kehittämään tuen välineitä entisestään.

Osa I

Katsaus kirjallisuuteen

2 Matemaattinen tieto ja oppiminen

Tarkastelen tässä luvussa matemaattista tieto- ja oppimiskäsitystä erityisesti konstruktivistisen oppimiskäsityksen näkökulmasta. Tämän näkökulman mukaan oppiminen nähdään oppijan aktiivisen roolin ja erilaisten käsite-rakennelmien kautta. Työssäni käsittelen matematiikan oppimista vahvasti konstruktivistisen näkökulman kautta. Muitakin pedagogisia viitekehyksiä, kuten pragmaattinen oppimiskäsitys, esitellään, mutta tulen näyttämään, että juuri konstruktivistinen oppimiskuva on matematiikan ymmärryksen keskiössä. Hahmottelen ensin matematiikan ja konstruktivismin leikkauspinto- ja tutkimuksessa Skempin ajatusten kautta ja esittelen sitten matematiikan osaamisen osa-alueet Kilpatrickin ja kollegoiden mallin mukaisesti.

2.1 Konstruktivismi pedagogisena viitekehyksenä

Konstruktivistinen oppimiskäsitys lähestymistapana painottaa näkemyseroista huolimatta oppijan aktiivista roolia tämän koostaessa malleja ympäristöstään. Tämä sekä kognitiiviseen että humanistis-psykologiseen malliin perustuva oppimisteoria painottaa oppijan aktiivista roolia tiedon muodostamisessa ja muokkaamisessa. Tietoa ei siis voi ”välittää”, vaan oppijan on itse muodostettava oma uniikki näkemyksensä jokaisesta käsitteestä (Simons 1993).

On kuitenkin syytä huomioida, että viitekehysessäni myös muunlaisilla oppimisteorioilla on paikkansa. Esimerkiksi Aalto-yliopistossa monilla kursseilla STACK-tehtäviin liittyy pisteytysjärjestelmä, joka voi luoda behaviorististyyllisiä kannustimia oppimiseen (STACK-järjestelmästä lisää luvussa 5.6). Konstruktivistinen näkökulma on hedelmällinen matematiikan verkko-oppimista käsitellessä, sillä tällöin oppija joutuu koostamaan matemaattisia malleja oman, aktiivisen prosessoinnin kautta ilman opettajan lähiopetusta.

2.1.1 Triviaali ja radikaali konstruktivismi

Konstruktivismi on käsitettävä sateenvarjotermiinä. Eräs tapa jaotella sitä on jakaa se triviaaliin ja radikaaliin konstruktivismiin (Von Glasersfeld 1991). Kun triviaali konstruktivismi tunnustaa oppijan konstruoivan jatkuvasti ja aktiivisesti tietoa ympäristöstään ottamatta kantaa tiedon tai ympäristön olemukseen, näkee radikaali konstruktivismi tiedon laadun ainutkertaisena. Von Glasersfeldin mukaan jokainen konstruoi jokaisen käsitteen yksilöllisesti, joten jokaisesta käsitteestä löytyy ääretön määrä konstruktioita. Näin ollen radikaali konstruktivismi jopa kyseenalaistaa oikean todellisuuden käsitteen, sillä jokainen meistä koostaa tästä vain oman mallinsa.

Konstruktivistinen oppimista voidaan hahmottaa kuuden pääpiirteen avulla (Simons 1993): oppiminen on näkemyksen mukaan aktiivista (opiskelijan rooli oppimistilanteessa on tärkeä), konstruktivistista (uuden tiedon on suhdauduttava vanhaan tietoon), kumulatiivista (uusi tieto rakentuu vanhan tiedon päälle), tavoiteorientoitunutta (oppiminen on sitä tehokkaampaa, mitä selvempi tavoite on), diagnostista ja reflektiivistä (metakognitiiviset taidot). Nämä piirteet painottuvat kuitenkin Simonsin mukaan eri oppimistilanteissa eri tavalla. Simons argumentoi, että tarkoituksenmukainen konstruktivistinen oppimisympäristö ei itsessään riitä – oppimisessa korostuu nimenomaan oppijan omat oppimistyyli ja aktivaatio.

Tutkielmani teoreettisen viitekehyksen ytimessä on Van Den Brinkin didaktisen konstruktivismin käsite (Van Den Brink 1991). Tällä hän tarkoittaa (radikaalin) konstruktivismin operationalisointia opetuskäyttöön mielekkäällä tavalla. Didaktinen konstruktivismi nivoutuu yhteen didaktisen realisaation käsitteeseen, jolla Van Den Brink taas tarkoittaa tilannetta, jossa opiskelija muodostaa representaation käsitteestä oppimistehtävän aikana. Opetustilanteita, joissa uusia käsitteitä opetetaan, tulisi noudattaa seuraavia periaatteita (Van Den Brink 1991):

- Käsitteet tulee sitoa kontekstiinsa hahmottavien aktiviteettien ja kuvaavan kielen avulla.
- Käsitteiden välillä tulee olla ristiriitaisuuksia.
- Käsitteiden on oltava tarkoituksellisia ja sopivia.

Van Den Brink linkittää tutkimuksensa koulumaailmaan, mutta yksi työni oletuksista on, että nämä didaktisen konstruktivismin periaatteet johtavat myös korkeakoulukontekstissa oppimistuloksiin.

2.2 Matematiikka ja konstruktivismi

Skemp on hahmottanut matematiikkaa konstruktivistyyllisen ajatusmaailman kautta käsitteiden ja niiden välisten suhteiden välisenä rakennelmana (Skemp 1987). Skemp ei itse liitä ajatuksiaan suoraan osaksi konstruktivistisen tutkimuksen jatkumoa, mutta hänen teoriaansa on luonnehdittu myöhemmin konstruktivistiseksi lukuisten yhtymäkohtien vuoksi. Skemp laajentaa piagetilaista ajattelutapaa ja lainaa sen käsitteistöä nimenomaan matematiikan tiedon olemukseen ja sen oppimiseen. Skemp nimittää käsitteistä koostuvaa ajatusstruktuuria skeemaksi ja näkee ymmärtämisen prosessina, jossa opittava asia assimiloidaan sopivaan, valmiiseen skeemaan. Näin esimerkiksi käsitys luvuista voi laajeta luonnollisten lukujen ymmärtämisestä kokonaislukujen ymmärtämiseen ja lopulta esimerkiksi reaalitylukujen ymmärtämiseen. Näin matemaattiset käsittestruktuurit laajenevat ja järjestäytyvät uudelleen.

Tall kiinnittää huomiota myös yleistämisen ja abstraktion käsitteisiin ja niiden taustalla oleviin kognitiivisiin prosesseihin (Tall 2002). Voimme esimerkiksi yleistää lineaariset yhtälöt toisesta ulottuvuudesta kolmanteen ja lopulta n . ulottuvuuteen, ja toisaalta voimme abstraktoida tämän esityksen vektorikentäksi. Myös Tall painottaa skeemojen tärkeyttä oppimiselle; abstraktoidessa tiettyä käsitettä on pääteltävä sen ominaisuuksia deduktion kautta, jolloin tätä käsitettä siis konstruoidaan ominaisuus ominaisuudelta. Oppimista muodostuu myös silloin, kun tällaisessa abstraktioprosessissa syntyy ristiriitoja abstraktion sotiessa aiempia skeemoja vastaan. Tällöin käsittestruktuuri joutuu järjestäytymään uudelleen. Tall näkee yleistämisen ja abstraktion prosessit myös tärkeinä apuvälineinä käytännön matematiikan opetuksessa luokahuonetilanteissa (Tall 2002).

Matemaattista ymmärtämistä on tutkinut myös Sierpinska, joka puhuu etenkin hyvästä ymmärtämisestä (Sierpinska 1994, 129 - 131). Tämä käsite eroaa selvästi tietämisen käsitteestä ja on ”hyvää” suhteessa käsitteiden ma-

temaattiseen tarkoitukseen ja esimerkiksi opettajan asettamaan rimaan siitä, mikä riittää ymmärryksen tasoksi. Sierpinskan mukaan aito ymmärrys pohjaa keksimisen tai ymmärtämisen kokemukseen – näin hänen teoriallaan on selkeä yhteys myös konstruktivistiseen matematiikkakuvaan. Hän nimeää didaktiset selitykset sellaisiksi yleistystapauksiksi opetustilanteessa (Tall 2002), jotka mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti pyrkivät opiskelijan ymmärtämiseen ja oppimiseen. Sierpinski esittelee didaktisista selityksistä esimerkin avulla selittämisen (esimerkiksi avaruuden \mathbb{R}^n yleistäminen karteesisen tasoon) sekä mallin avulla selittämisen (esimerkiksi kokonaislukujen ryhmästä $(\mathbb{Z}, +, \cdot)$ hahmotettu lukusuoramalli). Näillä esimerkeillä on yhteys myös Van Den Brinkin didaktisen konstruktivismin käsitteeseen (Van Den Brink 1991), ja pyrinkin työssäni hahmottamaan matematiikan konstruktivistiseen oppimiskuvaan pohjautuvia tehtäviä näiden molempien näkökulmien puolesta.

2.3 Matemaattisen osaamisen osa-alueet

Tutkimuksessani hahmotan matemaattisen osaamisen osa-alueita Kilpatrickia ja kollegoita (2001) mukaillen. On huomionarvoista, että aiemmassa tutkimuksessa on voitu käsitellä matemaattisen osaaminen käsitettä näkökulmasta riippuen hyvinkin erilaisesta tulokulmasta; esimerkiksi matematiikan aineenhallintaa määriteltäessä on tämä usein samaistettu matemaattiseen osaamiseen. Esimerkiksi didaktisen tutkimusperinteen puolella Shulman on määrittänyt aineenhallintaa ”sinä alueena tietoa, joka opettajan on ainedidaktisin keinoin transformoitava muotoon, jonka oppilas on kykenevä vastaanottamaan” (Shulman 1987). Kilpatrick ja kollegat lähestyvät osaamista kuitenkin puhtaasti matematiikan olemuksen näkökulmasta. He hahmottavat matemaattisen osaamisen viiden erillisen elementin yhdistelmänä, joista jokainen on oleellinen matemaattisen osaamisen tasoa määriteltäessä. Nämä viisi elementtiä ovat (Kilpatrick et al. 2001, 116):

Konseptuaalinen ymmärtäminen

Ymmärrys matemaattikan käsitteistä, operaatioista ja relaatioista sekä niiden välisistä suhteista.

Proseduraaliset taidot

Taito suorittaa matemaattisia proseduureja joustavasti, tarkasti ja

tehokkaasti.

Strategiset taidot

Taito esittää ja ratkaista matemaattisia ongelmia.

Deduktiiviset taidot

Loogisen ajattelun, reflektion ja päättelyn taidot.

Mielenkiinto

Matematiikan näkeminen hyödyllisenä ja motivoivana tieteenä; sisältää myös näkemyksen omasta pystyvyydestä.

Tässä työssäni en käsittele jokaista näistä matematiikan osaamisen osa-alueista erikseen, mutta Kilpatrickin ja kollegoiden teoria muistuttaa sen monisäikeisestä olemuksesta. Matematiikan osaamisen hahmottaminen on työssäni tärkeä osa tarjottavaa oppimisen tukea.

3 Oppimisen arviointi

Esittelen tässä osiossa yleisiä teorioita liittyen korkeakoulujen oppimisen arviointiin. Korkeakouluissa arviointia voidaan toteuttaa moninaisesti kuten muillakin kouluasteilla, mutta arvioinnin on näissä usein johdettava esimerkiksi numeeriseen arvosanaan tai läpäistyyn suoritusmerkintään. Joka tapauksessa arviointi on lähtemätön osa teknillistä korkeakoulutusta ja koskettaa näin myös syystä tai toisesta oppimisen suhteen tuen tarpeessa olevia opiskelijoita. Esimerkiksi Barnett (2007) löytää arvioinnille luokittelun funktion, joka voi ilmetä niin kurssin kuin valtionkin tasolla. Arvioinnin avulla on myös nähty voitavan säädellä sitä, mitä opiskelijoiden halutaan oppivan (Majander & Rasila 2010). Myöhemmin työssäni liitän arvioinnin teoriapohjan STACK-järjestelmän arviointikäytäntöihin. Arvioinnin käsitteen määrittelyn tarkastelu jätetään vähäiseksi - näen työssäni arvioinnin Bostonin tavoin laajasti kaikenlaisiksi opetustilanteissa tapahtuviksi toiminnoiksi, joiden pohjalta opettaja ja opiskelijat muokkaavat opetusta ja opiskelua (Boston 2002).

3.1 Arviointimenetelmien jaottelua

Arviointimenetelmiä voidaan yleisellä tasolla jaotella ensinnäkin sen mukaan, mihin kohtaan oppimisprosessia itse arviointitilanne sijoittuu. Klassisen jaon mukaan arviointimenetelmät voidaan jakaa seuraavanlaisesti (esim. Lappalainen 1997):

- Summatiivinen arviointi (toiminnan päätteeksi)
- Diagnostinen arviointi (toiminnan aluksi)
- Formatiivinen arviointi (toiminnan aikana)

Joskus erotellaan myös evaluoiva arviointi, jolla arvioidaan opetuksen tai arvioinnin tehokkuutta missä tahansa vaiheessa oppimisprosessia (Sangwin 2007, 1). Tällainen arvioinnin tapa näkyy tässäkin työssä sekä teoriaosuudessa että lopulta tapaustutkimuksessani (työni toinen osa). Vaikka edellä mainituista arvioinnin toteutustavoista summatiivista arviointia on käytetty korkeakoulutuksessa paljon, on sitä myös usein ajateltu pedagogisesti ”vähätaoisempana” kuin formatiivista arviointia (Barnett 2007). Barnett kuiten-

kin syyttää tästä lähinnä huonosti ja epäinnovatiivisesti käytettyä summatiivista arviointia.

Erilaisia tapoja jakaa arvioinnin kenttää on lukuisia. Arviointia on kuitenkin mahdollista jaotella myös esimerkiksi arvioinnin tarkoituksen ja tehtävän mukaan (onko tarpeen esimerkiksi kontrolloida, motivoida tai kehittää toimintaa) sekä arvioinnin tekijän (opettaja, opiskelija itse, vertaiset) ja menetelmän mukaan (Lappalainen 1997). Lappalainen näkee arvioinnin ja palautteenannon päätehtäväksi oppimisen, minkä kiinteänä osana sen kuuluisi olla. Nojaan työssäni tähän näkemykseen ja näen arvioinnin osana opiskelijan tarvitsemaa matematiikan tukea.

3.2 Formatiivinen arviointi

Bostonin laajan arvioinnin käsitteen myötä arviointi käsittää kaikenlaiset opettajan observoinnit, luokkahuonekeskustelut sekä opiskelijoiden töistä tehdyt analyysit (Boston 2002). Hänen mukaansa arviointi muuttuu formatiiviseksi, kun tätä informaatiota käytetään jatkuvasti ja aktiivisesti opiskelijan tarpeiden selvittämiseksi. Sadler luo formatiiviselle arvioinnille tarkempia perisääntöjä - hän näkee sen tehokkuuden perustuvan opiskelijan työn laadun arvioimiseen, ei niinkään lopputuloksen oikeellisuuden arvioimiseen (Sadler 1989). Hän tunnistaa formatiivisen arvioinnin mahdollisuuden parantaa oppimistuloksia, mutta näkee tämän lopulta johtuvan siitä, että arviointi vähentää opiskelijan riippuvuutta opettajan palautteesta tämän kerryttäessä arvioinnin aikana tietoa omista opiskelutavoistaan ja -strategioistaan. Sadler siis hahmottaa formatiivista arviointia lopulta osallistavana toimintana.

Paljon lainatussa 250 tutkimusta kattaneessa meta-analyysissään Black ja William tutkivat formatiivisen arvioinnin opetuskäytön yhteyttä oppimistuloksiin (Black & Wiliam 1998). He totesivat efektikoon vaihtelevan välillä .4 ja .7 sekä tunnistivat formatiivisen arvioinnin parantavan voimakkaimmin heikosti suoriutuvien, tukea tarvitsevien opiskelijoiden oppimista. Erityisesti he tunnistivat formatiivisen arvioinnin tehokkuuden oppimisvaikeuksista kärsivien opiskelijoiden oppimisen suhteen. Vaikka tätä tutkimusta on kritisoitu vahvasti siitä, ettei se ilman kvantitatiivisia menetelmiä täytä meta-analyysin kriteeristöjä, ovat formatiivisen arvioinnin mahdollisuu-

det opetuskäytössä silti laajasti tunnistettuja (esimerkiksi Kingston & Nash 2011). Kingston ja Nash toteuttivat myös meta-analyysin artikkeleista, jotka käsittelivät formatiivisen arvioinnin vaikutuksia oppimistuloksiin, ja saivat efektikoon keskiarvoksi noin .2. Kingstonin ja Nashin mukaan tämä alleviivaa sitä, kuinka erilaisilla tavoilla formatiivista arviointia voidaan toteuttaa – kaikki formatiivinen arviointi ei johda automaattisesti parempiin oppimistuloksiin, vaikka tällainen yhteys on nähtävissä. Erityisesti formatiivisessa arvioinnissa käytettävien tehtävien haastavuus ja tämän yhteys oppimistuloksiin kaipaavat heidän tutkimustulostensa pohjalta lisätutkimusta.

3.3 Arviointi tuen tarjoajana

Työni lähtökohtana on erottaa yliopistotason matematiikan opinnoista kaksi osa-aluetta, jotka voivat toimia tuen välineinä: Itse opetus sekä arviointi. Tarkastelen seuraavaksi lyhyesti yliopistotason arviointia käsittelevää kirjallisuutta pohtien, kuinka arviointia voitaisiin hahmottaa nimenomaan arvioinnin tukena.

Laajasta näkökulmasta arviointia tuen tarjoajana voitaisiin hahmottaa siten, että kun opettaja arvioinnin välinein huomaa opiskelijan vaikeudet, muokkaa hän opetusmetodejaan tai lähestymistapojaan sellaiseksi, että se tuottaa parempia oppimistuloksia (Boston 2002, 2). Arviointi tulisikin nähdä nimenomaan oppimisen tukena eikä niinkään sitä kontrolloivana tekijänä (Lappalainen 1997). Erityisen tärkeänä Lappalainen pitää arvioinnin kehittämisen integroimista osaksi muuta kehittämistoimintaa - tällä ajatuksella on yhteys luvussa 4.5 esiteltävään Croftin holistisen tuen malliin (Croft et al. 2009). Majanderin ja Rasilan tuloksissa todettiin varovasti formatiivisen, digitaalisen arvioinnin kehittävän opiskelustrategioita ja orientaatioita heidän aineistossaan (Majander & Rasila 2010).

Holistista, yhdistyneiden tukimuotojen mallia painottavat myös Mumm ja kollegat opettajankoulutuksen arviointia käsittelevässä tutkimuksessaan (Mumm et al. 2015). He hahmottavat arviointia parhaimmillaan toiminnaksi, joka summatiivisen ja formatiivisen arvioinnin kokonaisuutena painottavat mahdollisimman hyvän palautteen avulla tapahtuvaa oppimista. Tutkimuksessaan he haastattelivat opettajakoulutettavia virolaisessa yliopistossa

ja etsivät käänteisesti niitä arvioinnin keinoja, jotka estivät tarkoituksenmukaista oppimista. Erityisen vähän oppimista tukevana tekijänä opiskelijat näkivät summatiivisen arvioinnin, joka perustui pelkkään arvosanaan vailla sanallista palautetta. Mumm ja kollegat analysoivat myös elementtejä, joiden opiskelijat kokivat heikentävän oppimisen tuen tavoitetta; esimerkiksi liian myöhään annettu ja epämääräinen palaute koettiin heidän aineistossaan tällaisiksi elementeiksi.

Myös Gibbs ja Simpson painottavat, että arviointi tulisi aina nähdä myös korkeakoulukontekstissa oppimisen tuen muotona eikä mittaamisen keinona (Gibbs & Simpson 2004). He näkevät myös mielekkään ja jatkuvan palautteen avainkysymyksenä sen suhteen, tukeeko arviointi oppimista. Artikkelissaan Gibbs ja Simpson hahmottavat erilaisia piirteitä sellaisista formatiivisista arviointitehtävistä, jotka mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti edesauttaisivat myös oppimista. Heidän mukaansa tällaisten tehtävien tulee olla sekä sisällön että käytetyn ajan ja vaivan suhteen tarkoin harkittuja. Vaikka tällaisia tehtäviä toteutettaisiin formatiivisesti, tulee niiden heidän mukaansa antaa tarpeeksi palautetta, jotta oppiminen ja tuki voidaan tarjota jo yliopistokurssin aikana eikä vasta sen jälkeen. Gibbsin ja Simpsonin näkökulma oppimisen tukeen arvioinnin tukena on pragmaattinen; arviointikriteerit ohjaavat heidän mukaansa oppimista erittäin paljon ja ovat tärkeänä osana muodostamassa pohjaa siitä, millaista opiskelija-ainesta tietty koulutus haluaa tuottaa. Minun työssäni tämä konteksti on teknillinen korkeakoulu.

Työni linkittyy Gibbsin ja Simpsonin havaintoihin, sillä insinööriopiskelijan on tulevan työnsä kannalta pakko saavuttaa tietty yliopiston määrittelemä matematiikan osaamisen taso (esimerkiksi Parsons & Adams 2005). Ennen kaikkea pyrin työssäni liittämään tietokonepohjaiseen arviointiin liittyviä tutkimuksia osaksi tässä osiossa esiteltyä teoriapohjaa.

4 Oppimisen vaikeudet ja tukeminen korkeakoulukontekstissa

Tarve oppimisen tukeen korkeakoulukontekstissa on käsitteenä hyvin laaja. Pyrin työssäni käyttämään tätä silti kattokäsitteenä moninaiselle kentälle, joka koostuu erilaisista tuen tarpeeseen oikeuttavista tiloista. Tämä on suuri haaste tutkimukselleni; kyseiseen kenttään voi mahtua niin kehityksellisestä dyskalkuliasta kärsivä opiskelija, kuin opiskelija, joka suorittaa varusmiespalvelustaan eikä voi tämän vuoksi osallistua normaaliin opetukseen vaan tarvitsee erityisiä järjestelyjä. Joka tapauksessa työni ytimessä ovat mahdollisimman tehokkaaseen oppimiseen tähtäävät joustavat oppimismuodot ja järjestelyt. Yksi oletuksistani on, että esimerkkinä jälkimmäinen opiskelija voi hyötyä samoista periaatteista, joiden avulla ensimmäinenkin yltää parempiin oppimistuloksiin. On myös huomattavaa, että käsittelen oppimisen tukea sekä sulautuneen oppimisympäristön että verkko-opetuksen teorian näkökulmista.

4.1 Oppimisvaikeudet ja korkeakouluopinnot

Jo oppimisvaikeuden käsitteen määrittely itsessään on aikuisiän kontekstissa vaikeaa, sillä erilaiset kansalliset tautiluokitukset ottavat oppimisvaikeuksiin erilaisia näkökulmia (Gregg 2009, 38 - 39). Oppimisvaikeuksilla viitataan joka tapauksessa heterogeeniseen ryhmään erilaisiin tiedon oppimisen ja mieleen palauttamisen ongelmiin liittyen – tarkempi määritelmä on kirjattu esimerkiksi julistukseen Individuals with Disabilities Education Improvement Act (2004). Greggin mukaan oppimisvaikeuksista kärsivät osallistuvat korkeakoulutukseen vain 10% suhteessa verrattuna muuhun populaatioon. Gregg myös muistuttaa, että historiallisesti liian vähän apua oppimisvaikeuksien hoitamiseen ovat saaneet esimerkiksi alemman sosiaaliekonomisen luokan opiskelijat, naiset sekä aikuisopiskelijat (Gregg 2009, 6 - 9).

Tutkimustulokset oppimisvaikeuksista kärsivien korkeakouluopinnoista ovat vaihtelevia. Esimerkiksi Greenbaum kollegoineen on huomannut, että oppimisvaikeuksiset korkeakouluopiskelijat selviytyvät akateemisesta ja sosiaalisesta kuormituksesta hyvin, mutta valmistuvat silti keskimäärin noin vuoden

ikätovereitaan myöhemmin (Greenbaum et al. 1995, 167 - 173). Toisaalta Cohn näkee korkeakouluopintojen aloittamisen oppimisen tukea tarvitseville opiskelijoille jopa uhkaavana:

For most students, college is a time of unprecedented academic and social development; however, for students with learning disabilities, it can be a nightmare. When these students enter college they are not only beginning an unexplored and unfamiliar way of life but embarking on a journey that threatens their established motivational drive, need for order, compensatory skills, and social relationships. (Cohn 1998, 1)

Cohn painottaa strategioiden ja organisaatiotaitojen opetteluun tärkeyttä korkeakouluopintojen sujuvuuden kannalta. Heiman ja Precel huomasivatkin tutkimuksessaan, että oppimisvaikeuksista kärsivät korkeakouluopiskelijat käyttivät muiden opiskelijoiden strategioista poikkeavia opiskelustrategioita (Heiman & Precel 2003). Oppimisen tukea tarvitsevat opiskelijat turvautuivat muita useammin kuvallisiin ja suullisiin vihjeisiin sekä epätavallisiin opiskelutekniikoihin. Heiman ja Precel toteavat tällaisten opiskelijoiden kokevan enemmän stressiä sekä kokevan ajankäytön suunnittelun ahdistavaksi.

Vaikka työni ei keskitykään käsittelemään juuri oppimisvaikeuksia vaan ennemminkin matematiikan oppimisen vaikeuksia ylipäätään, on huomattavaa, että nämä strategioiden ja organisointikyvyn kehittymisen taidot nivoutuvat yhteen sekä konstruktivistisen oppimisteorian että tämän mukaisen tietoteknisen opetuskäytön teorian kanssa. Tulemme myöhemmin osoittamaan, että STACK-järjestelmän avulla voidaan opettaa myös strategisia taitoja matematiikan ongelmien ratkaisemisessa kuin väärin strategioiden ja päättelyketjujen tunnistamistakin.

4.2 Matematiikan oppimisvaikeudet

4.2.1 Dyskalkulia

Kuten yleisten oppimisvaikeudetkin, esittelen matematiikan oppimisvaikeudet lyhyesti, sillä työni ei keskity nimenomaan näihin. Pikemminkin hahmo-

tan matemaattiset oppimisvaikeudet osana sitä laajan tuen tarpeen kirjoa, joka korkeakoulukontekstissa muodostuu.

Matematiikan oppimisvaikeuksia on hahmotettu tutkimuksissa kuin tautiluokituksissakin erilaisin asteikoin. Pitkäaikaisesta vammasta puhuttaessa puhutaan usein dyskalkuliasta tai matematiikan oppimisvaikeuksista – esimerkiksi Mazzocco samaistaa nämä käsitteet, ja niin teen työssäni myös minä (Mazzocco 2007). Dyskalkulian käsitteen sisältö vaihtelee hieman tutkimuksesta toiseen, mutta yleensä se hahmotetaan neurologiseksi häiriöksi, josta kärsii noin 5 – 8% kouluikäisistä (Sousa 2008, 163) ja jonka oireet jatkuvat usein pitkälle aikuisuuteen (Mejias et al. 2012, 164). Dyskalkuliaa voidaan pitää kattokäsitteenä, jota on tutkittu esimerkiksi lukemisen ja kirjoittamisen vaikeuksiin verrattuna vähän ja joka käsittää esimerkiksi numerokonseptien, numeroiden välisten yhteyksien että laskuproseduurien osa-alueiden vajaatoimintaa (Fuchs & Fuchs 2002). Myös estimaation taitojen on todettu olevan aikuisilla dyskalkuliasta kärsivillä vajavaisia (Mejias et al. 2012, 168). Dyskalkuliaa on usein syytä jakaa aritmeettiseen dyskalkuliaan ja kehitykselliseen dyskalkuliaan, joista jälkimmäinen on perinnöllinen ja pysyvä piirre ihmisen kehityksessä ja siksi erityisesti huomioitava opetuksessa (Butterworth & Reigosa 2007).

Sousa (2008, 163 - 198) jakaa dyskalkuliaa kvantitatiivisiin (laskemisen ongelmat) ja kvalitatiivisiin tapauksiin (matemaattisten prosessien käsitteellistämisen sekä spatiaalien hahmottamisen ongelmat) sekä näiden yhdistelmiin. Hän näkee aritmeettisten taitojen puutteiden johtavan usein laskutaidon heikkenemiseen, mihin voi yhdistyä myös työmuistin kapasiteetin pienuus. Työmuistin toiminta vaikuttaa myös käsitteiden ja operaatioiden mieleen palauttamista, jolloin dyskalkuliasta kärsivä voi tuhlata liikaa prosessejaan peruslaskutoimituksiin (Räsänen & Ahonen 2004). Esimerkiksi laskutoimitus $7 \cdot 8$ pitäisi teknillisen korkeakoulun opinnoissa pystyä jo palauttamaan ulkomuistista varsinaisten työmuistin resurssien keskittyessä vaativimpiin matemaattisiin proseduuereihin.

Dyskalkuliaan yhdistetään monia tiedon prosessoinnin heikkouksia, joista voi olla haittaa myös teknillisissä korkeakouluopinnoissa. Butterworth ja Reigosa (2007) ovat tunnistaneet dyskalkuliasta kärsivillä ongelmia matemaattisen prosessoinnin nopeudessa sekä numerotiedon mentaalisessa käsit-

telyssä. He suosittelevat tällaisille opiskelijoille räätälöitäviksi tehtäviä, jotka keskittyvät nimenomaan strategioiden hahmottamiseen eivätkä niinkään yksittäisten faktatietojen muistamiseen.

4.2.2 Vaikeudet matematiikassa

Tutkimuksessa on usein puhuttu matematiikan vaikeuksista (mathematical difficulties), kun heikosti suoriutuva oppilas ei kuitenkaan lukeudu vammautuneeksi – joskin termiä on käytetty eri yhteyksissä eri tavalla eikä aivan samanlaista linjaa tutkimuksissa sen suhteen ole (Mazzocco 2007). Usein matematiikan vaikeuksia on operationalisoitu Mazzoccon mukaan silloin, kun suoriutuminen sijoittuu 35 % heikoimpaan persentiiliin. On joka tapauksessa huomioitavaa, että juuri matematiikan oppimisen vaikeudet muodostavat muista taidoista riippumattoman tilan, ja usein oppimisen vaikeudet rajautuvat hyvinkin tarkasti jollekin matematiikan osa-alueelle (Räsänen & Ahonen 2004). Räsänen ja Ahonen muistuttavat myös matematiikan vaikeuksien kehityksellisyydestä ja pysyvyydestä ajan suhteen. Ostad on karakterisoinut matematiikan oppimisen vaikeuksista kärsiviä lapsia pitkän tehtävän ratkaisun vaadittavan ajan sekä usein toistuvien lasku- ja muistitekniikoiden avulla (Ostad 2008). Hänen tutkimuksensa kontekstina ovat lapset, mutta kuten aiemmin todettu, nämä piirteet voivat olla varsin pysyviä korkeakouluikäinkin saakka (Butterworth & Reigosa 2007; Räsänen & Ahonen 2004).

Niss on tarkastellut syitä, jotka nimenomaan matematiikassa aiheuttavat ongelmia niille opiskelijoille, joilla on oppimisen vaikeuksia. Hän näkee etenkin matematiikan symbolistisen ja formalistisen roolin vaikeana hahmottaa - useilla matematiikan symboleilla on useita erilaisia ja toisaalta hyvinkin spesifejä käyttötarkoituksia (esimerkiksi p loogisena propositiona) (Niss 2006). Matematiikkaa voidaan Nissin mukaan hahmottaa jopa skitsofreenisena tieteenä, kun formalismi ja symbolismi pakottavat oppijat vaihtelevaan ajatusmaailmaa formaalista intuitiiviseen. Erityisen vaikeaa tällaisia taitoja on Nissin mukaan opettaa oppimisen vaikeuksista kärsiville. Monet osaavat formaalisti ratkaista yhtälön, mutta mikä yhtälö intuitiivisesti on?

Tutkimuksen ja diagnosoinnin kannalta on tarpeen hahmottaa dyskalkulia ja matematiikan vaikeudet toisistaan erillisiksi käsitteiksi (Mazzocco

2007). Tällöin myös interventiota voidaan suunnitella tarkemmin ja osuvammin. Tämän työn puitteissa minkäänlaiselle jaolle ei ole tarvetta, sillä molemmat osuvat kattokäsitteeni – matematiikan tukea tarvitsevien – alle. Oletuksenani on, että niin mahdolliset dyskalkuliasta kärsivät kuin vähäisempääkin tukea tarvitsevat hyötyvät yliopistokontekstissa toteutettavista erityisjärjestelyistä.

4.3 Muu matematiikan tuen tarve korkeakouluissa

Matematiikan tuen tarpeen määrittely on samaan aikaan työni kulmakiviä että sen vaikeimpia osuuksia. Käsitteen hahmottamisen monimutkaisuuden aiheuttaa sen moninaisuus; tuen tarvetta kokeva opiskelija on ymmärrettävä sateenvarjokäsitteeksi, jonka alle mahtuu niin heikkoja oppijoita kuin muista syistä erityisjärjestelyitä kaipaaviakin. Kuten edellä käsitelty oppimisvaikeuksien teoria osoittaa, tällaiselle käsitteelle on tarvetta.

Tutkimuksessa matematiikan tuen tarpeessa olevia opiskelijoita on usein jaoteltu objektiivisuuteen pyrkivien mittauksien avulla (esimerkiksi Bamforth et al. 2007 ja Gregg 2009). Tällöin esimerkiksi tietyn persentiilin alle koetilanteessa jäänyt tai diagnoosin saanut ryhmä luetaan tuen tarpeessa olevaksi. Itse nojaan työni toisessa osassa pitkälti laadullisiin tutkimusmenetelmiin, joten tällaisten mittausten sijaan pohjaan tuen tarpeen määrittelyn subjektiiviseen näkökantaan. Tämän näkökannan mukaan matematiikan tukea tarvitsevien ryhmään kuuluvat ne opiskelijat, jotka kokevat tukea tarvitsevansa. Tässä lähestymistavassa näkyy myös konstruktivistinen viitekehyseni, sillä opiskelija nähdään aktiivisena osallistujana, eikä esimerkiksi heikkona oppijana, jolle pitäisi kerryttää asianmukainen tietämisen taso.

Tuen tarpeen määrittelemisen subjektiivisen kokemuksen kautta ei ole ongelmallista. Tällöin opiskelija itse määrittää omaa osaamistaan, jolloin ajattelussa voi tapahtua vinoutumista. Esimerkiksi opitun avuttomuuden käsitettä on käytetty kuvaamaan tilannetta, jossa heikko suoriutuminen tai vastoinikäminen johtaa avuttomuuden oppimisen kautta uusiin vastoinikäisiin – syntyy siis ikään kuin kehä (Abramson et al. 1978). Abramson ja kollegat kehittivät alun perin Martin Seligmanin ideaa ja erottivat toisistaan universaalin ja henkilökohtaisen avuttomuuden. Näitä kahta erottaa näke-

mys siitä, kokeeko avuttomuutta oppiva itse voivansa vaikuttaa tilanteeseen, ja molemmilla on varmasti oma yhteytensä matematiikan oppimiseen.

Toisaalta työssäni korostuu myös pragmaattinen näkökulma tuen tarpeeseen, kuten hyvin monessa yliopistotason matematiikan interventioita käsittelevässä artikkelissa (luku 6). Matematiikan tukea on alettu järjestää, kun esimerkiksi yliopistokohtaisesti on huomioitu tarpeeksi suurta osaamisen tason alenemista. Tällöin tuen tarpeen saajaksi on voitu määritellä intervention kohde eli vaikkapa ”matematiikan laitos” (esimerkiksi Parsons & Adams 2005). Tukea on voitu pragmaattisesta näkökulmasta tarjota esimerkiksi niille opiskelijoille, jotka eivät onnistu läpäisemään kurssivaatimuksia tai niille opiskelijoille, joiden valmistumisaika on vaarassa venyä. Myös yliopistopudokkaat ja heikon ammattitaidon omaavat on usein luettu matematiikan tukea tarvitsevien joukkoon (Crowther et al. 1997, 786). Passila ja Manninen puhuvat joustavista opiskelumahdollisuuksista, kun tarjotaan tukea niissä tilanteissa, joissa käytännön syyt estävät esimerkiksi lähiopetukseen osallistumista (Passila & Manninen 2011).

Matematiikan tuen tarpeen määrittely subjektiivisen ja pragmaattisen näkökulman kautta hahmottaa korkeakoulukontekstissa tätä ilmiötä työlleni tarpeeksi monipuolisella tavalla, joskin sulkee ulos useita tulokulmia. Hahmotan korkeakoulujen opiskelijakentän yksilöllisten, aktiivisten oppijoiden joukon kautta, enkä tämän työn laajuuden huomioon ottaen kykene tarkastelemaan esimerkiksi matematiikan tuen tarpeeseen vaikuttavia yhteiskunnallisia, kulttuurisia ja sukupuoleen liittyviä näkökulmia.

4.4 Matemaattisen osaamisen taso teknillisissä korkeakouluissa

Teknillisten korkeakoulujen opiskelijoiden puutteelliset matematiikan taidot ovat olleet lukuisten tutkimusten ja julkisten keskustelujen aiheena. Esimerkiksi Bamforth ja kollegat tunnistavat tasoerot matematiikassa merkittäväksi haasteeksi insinöörien kurssien suunnittelussa (Bamforth et al. 2007). Tämän he kokevat olevan luonnollinen jatkumo siitä, että insinöörialan korkeakouluopintoihin on avattu pääsy myös selvästi heikommille matematiikan osajille. Matematiikan sisältöjen huono hallinta on johtanut jopa opiskelijaka-

toon ensimmäisen insinöörialan opiskeluvuoden jälkeen (Parsons & Adams 2005, 2). Parson ja Adams jakavat heikon insinöörien matematiikan sisältöjen hallinnan ilmiönä matematiikan vaikeuksiin (sekä esitietojen että emootioiden suhteen), huonoihin matematiikan koetuloksiin, opiskelijakatoon sekä niin kutsuttuihin epäonnistumisen kehiin (failure cycles), joissa matematiikan välttely ja epäonnistuminen ruokkivat toisiaan ja negatiivisia asenteita. Heidän mukaansa tällaisen epäonnistumisen kehän mukainen ajattelumalli on yleistynyt insinöörikoulutuksessa.

Suomalaisessa tutkimuksessa on todettu, että ensimmäisen vuoden matematiikan opinnot ovat usein insinööriopiskelijoille haastavia (Rasila et al. 2010, 3). Hähkiöniemen ja kollegoiden tutkimuksessa ilmeneekin, että pitkän matematiikan oppisisällön ylioppilaskokeessa kirjoittaneita on vähän verrattuna korkeakoulujen tekniikan ja luonnontieteiden alalla opiskelupaikan vastaanottaneisiin (Hähkiöniemi & Viholainen 2004). Kun siis luonnontieteellisille tekniikan aloille valitaan opiskelijoita, jotka eivät ole osallistuneet lukioiden pitkän matematiikan opetukseen, saati lukio-opetukseen laisinkaan, ovat tasoerot väistämättömiä.

Myös Kent ja Noss huomioivat tasoerojen kasvamisen teknillisen korkeakoulun matematiikan opetuksen haasteena etenkin aritmetiikan osalta (Kent & Noss 2003). He kokevat ongelmana myös matemaattisen kulttuurin vaihtumisen siirryttäessä korkeakouluun. Opetussuunnitelman lisäksi monet tällaiset kulttuurilliset tekijät, kuten todistamisen ajattelumallien omaksuminen yliopistoissa, voivat vahvistaa opiskelijoiden kompetenssin puutteen tunnetta. Suomessa eräällä teknillisen korkeakoulun linjalla toteutetussa oppikirja-analyysissä todettiin korkeakoulun oppikirjojen matematiikan tehtävien olevan alusta alkaen teoreettisempia ja soveltavuuteen tähtääviä, mikä on selkeä ero lukion oppikirjojen tehtäviin (Hähkiöniemi & Viholainen 2004). Kent ja Noss näkevät matemaattisten taitojen laajan heikkouden johtuvan Isossa-Britanniassa teknillisten alojen opiskelupaikkojen suunnitellusta nostamisesta, joka on johtunut alojen huonosta aiemmasta vetävyyydestä.

Toisaalta Crowther ja kollegat muistuttavat, että insinöörien matematiikan taitojen heikentymiseen on ilmiönä paneuduttava kriittisesti (Crowther et al. 1997, 791 - 792). Kyselytutkimuksessaan he huomasivat yliopistojen opettajien arvioivan opiskelijoidensa matemaattista osaamista paljon ”kym-

menen vuoden takaista aikaa” heikommaksi vaikkei tällaisesta tason laskusta ollu todellista näyttöä. Crowtherin ja kollegoiden toteamaksi jääkin, että tällaisia otaksumia tehdessä on syytä muistaa myös opiskelijoiden näkökulma aiheeseen.

4.5 Matematiikan oppimisen tukikeinot korkeakoulutuksessa

Matematiikan vaikeudet, olivat ne minkä taseisia tahansa, uhkaavat miljoonien lasten ja nuorten akateemista uraa (Mazzocco 2007), joten teknilliseen korkeakouluun matematiikan oppimisen vaikeuksistaan huolimatta sisään pääsystä on tuettava täysin voimin. Korkeakoulujen resurssit joskus jopa satojen opiskelijoiden kursseilla ovat kuitenkin rajalliset. Tarkastelen tässä lyhyesti teoriapohjaa niin yleisistä kuin juuri korkeakoulukontekstin matematiikan opintojen tukimekanismeista.

Gerstenin ja kollegoiden meta-analyysissä tutkittiin opetusmetodeja, joita käytettiin matematiikan oppimisen tukea tarvitsevien opiskelijoiden (tässä yhdysvaltalaisen K12-järjestelmän oppilaat) opetuksessa (Gersten et al. 2009). He huomasivat ensinnäkin suurimman osan opetusmetodeista auttavan oppimisen tukemisessa, mutta hyvin erilaisilla efektikooilla. Kaksi opetusmetodia nousi vaikuttavuudessaan ylitse muiden: oppilaiden ongelmanratkaisukykyjen kehittäminen strategiaoppimisen avulla sekä eksplisiittiset ohjeistukset. Myös visuaaliset havainnollistukset näyttäytyivät tutkimuksessa tilastollisesti merkittävinä vaikuttajina. Vaikka Gerstenin ja kollegoiden viiteryhmä oli erilainen kuin omassa työssäni, oletan tämän kaltaisten opetusmetodien hyödyttävän myös korkeakoulussa opiskelevaa, oppimisen tukea tarvitsevaa opiskelijaa.

Informaation prosessoinnin näkökulmasta esimerkiksi Butterworth ja Reigosa ovat ehdottaneet matematiikan oppimisvaikeuksista kärsiville ennemminkin strategisten kykyjen kuin aritmeettisten faktojen harjoittelua (Butterworth & Reigosa 2007). He painottavat myös, että usein kognitiivinen prosessointi on tällöin hitaampaa – tämän pohjalta voisi ehdottaa pidempiä suoritusajoja oppimisen tukea tarvitseville. Mazzocco alleviivaa myös puutteellisten metakognitiivisten taitojen kehittämistä (Mazzocco 2007). Oli

kyse sitten kehityksellisestä matematiikan oppimisvaikeudesta tai matematiikan vaikeuksista, ovat oman osaamisen taidot usein heikommalla kuin verokkiryhmällä. Mazzocco huomasi lasten hyötyvän erityisesti omiin virheellisiin matematiikan ratkaisuihin tutustumisesta; tällaista oman työn tarkkailua tulen tässä työssä käsittelemään formatiivisen palautteen kautta myös korkeakoulukontekstissa.

Yliopistotasolla matematiikan oppimisen tukea on toteutettu usein eri keinoin. Bamforth ja kollegat ehdottavat insinööriopintojen alkuun matematiikan starttikurssia pienentämään tasoeroja (Bamforth et al. 2007, 165 - 166). Heidän tutkimuksessaan starttikurssin avulla nimenomaan heikoimmat matematiikan osaajat hyötyivät saamastaan tuesta, joskin tutkimuksessa noteerataan myös selkeä tarve suuremmalle ja yksilöllisemmälle tuelle.

Usein matematiikan tukea on korkeakouluopinnoissa suunnattu juuri ensimmäisen vuoden opiskelijoille (Kyle 2009, 309). Kyle muistuttaakin opinto-ohjelman suunnittelun ja opintojen ohjaamisen tärkeydestä aloittaville opiskelijoille. Hän listaa ensimmäisen vuoden opiskelijoille tarkoitetuiksi tukkeiksi esimerkiksi kurssia edeltävät ennakkomateriaalit, diagnostisen testaamisen sekä akateemisen matematiikan oppimisen resurssikeskukset (tällaisia resurssikeskuksia on tosin käytetty paljon muidenkin kuin ensimmäisen vuoden opiskelijoiden tukemisessa – esimerkiksi Croft et al. 2009). Tosin niin Kyle kuin Patel (Patel & Rossiter 2011) ovat huomioineet tiedottamisen vaikeuden – usein eniten matematiikan tukea tarvitsevat eivät saavuta tietoa tuen ja matematiikan resurssikeskusten mahdollisuudesta. Resurssikeskusten toimintaa on usein parantanut monien eri laitosten ja tiedekuntien yhteistyö (Patel & Rossiter 2011).

Holistinen ja integroitu näkökulma teknillisen korkeakoulun opiskelijoiden matematiikan oppimisen vaikeuksiin korostaa opetuksen, tuen ja pedagogisen tutkimuksen kolминаista suhdetta (Croft et al. 2009). Kokeneet ja laadukkaat kurssien opettajat ovat tärkeä osa tällaista interventiota toteutettaessa. Croft ja Robinson painottavat tuen proaktiivisuutta – sitä on oltava saatavilla muulloinkin kuin vain opiskelijan itse sitä hakiessa. He jakavat tutkimuksessaan matematiikan tuen strategian neljään eri osaan:

1. Valmistelut.

2. Suorat tukitoimenpiteet.
3. Täydentävät aktiviteetit.
4. Tuen arviointi ja reflektio. (Croft et al. 2009)

Näistä erityisesti kolmas kohta, täydentävät aktiviteetit, kuvaavat omaa tutkimustani. Esimerkiksi STACK-tehtävät nähdään työssäni osana sulautunutta oppimisympäristöä (luku 5.1.1), jolloin ne voidaan nähdä korvaamattomana intervention osana muttei kuitenkaan yksinään sellaisena. Esimerkiksi Passila ja Manninen korostavat myös tieto- ja viestintätekniikan hyödyntämistä osana joustavaa ja monipuolista opiskelun tukea (Passila & Manninen 2011).

Yksi ehdotettu ennaltaehkäisevän tuen keino on institutionaalisen vuoropuhelun parantaminen yliopisto- ja koululaitoksien välillä matematiikan opetussuunnitelmien suhteen (Crowther et al. 1997). Tällöin yliopisto-opetusta osattaisiin matematiikan opetuksen osalta kehittää samassa tahdissa kuin muuttuvaa matematiikan kouluopetussuunnitelmaa. Myös erilaisia matematiikan tukevia workshopeja on ehdotettu (Heiman & Precel 2003), ja tällaisena voidaan nähdä myös Aalto-yliopistossa käytettyä laskupaja. Patel muistuttaa diagnostisen testaamisen tärkeydestä tuen kannalta, etenkin jos tähän on yhdistetty tuutorityylinen lähestymistapa; myös diagnostinen testaus voi toimia sosiaalisena oppimistilanteena (Patel & Rossiter 2011, 35).

Tutkimukseni ensimmäisessä osassa käsittelen yliopistotason matematiikan opintojen tukemista tietotekniikan keinoin. Nämä keinot heijastavat tässä esiteltyä teoriapohjaa.

5 Tietotekniikka opetuskäytössä

Tietotekniikan opetuskäyttö on työni ytimessä, joten esittelen tämän laajan teoriapohjan avulla. Tässä luvussa esittelen aivan aluksi erilaisia tietotekni- sen opetuksen muotoja - näistä paneudun erityisesti sulautuneeseen oppimi- sympäristöön, joskin käsittelen myös verkko-opetuksen teoriaa. Tarkastelen tieto- ja viestintätekniikan ja oppimisen välistä suhdetta sekä sen erityistä yhteyttä juuri matematiikan didaktiikkaan. Samassa luvussa esittelen myös tietotekniikan soveltuvuutta matematiikan tuen välineeksi tutkimustulosten pohjalta.

5.1 Tietotekniikka ja opetuksen muodot

Kun opetukseen integroidaan tietotekniikkaa, voidaan tätä teknologiaa käyt- tää joko yhtenä opetuksen osana tai opetus voidaan järjestää kokonaan tie- tokoneen tai verkon avulla. Tarkastelen seuraavaksi lyhyesti molempiin ta- pauksiin liittyvää teoriaa läpi. Myöhemmin työssäni keskityn erityisesti su- lautuneisiin oppimisympäristöihin.

5.1.1 Sulautunut oppiminen ja opetus

Sulautuneen oppimisen (blended learning; suomennettu usein myös sulaute- tuksi oppimiseksi) ja opetuksen käsitettä on avattu tutkimuksessa erilaisista tulokulmista. Käsitteellä on tarkoitettu ylipäättään erilaisten oppimismuoto- jen yhdistämistä tavalla, joka tukee mahdollisimman hyvin oppimista (Toik- kanen 2012, 27), kuin pelkästään luokkahuoneessa tapahtuvan opetuksen täy- dentämistä verkkomateriaalein (Garrison & Kanuka 2004, 96 - 97; Singh 2003, 52 - 53). Graham erottelee meta-analyysissään (2006) kolme sula- tuneen opetuksen määritelmää. Käsitteellä voidaan tarkoittaa niin erilaisten opetusvälineiden yhdistämistä, erilaisten opetusmetodien yhdistämistä kuin verkko- ja lähiopetuksenkin yhdistämistä. Suomessa (Levonen et al. 2005) on erotettu sulautuneen oppimisen käsite monimuotoisen opetuksen käsitteestä siten, että monimuotoinen opetus liittyy nimenomaan opetusmuotojen mo- nimuotoisuuteen, kun taas sulautunut opetus pyrkii muodostamaan uuden- laisia kokonaisuuksia integroimalla erilaisia opetusympäristöjä. Tässä työ-

sä tarkastelen sulautunutta oppimista ja opetusta lähi- ja verkko-opetuksen ympäristöjen integroitumisena siten, että opetuksessa on nähtävissä selviä elementtejä kummastakin.

Sulautunutta oppimista internetiä apuna käyttäen voidaan tarkastella esimerkiksi siten, että se tarjoaa paikasta riippumattoman sosiaalisen yhteisöllisyyden kokemuksen (Garrison & Kanuka 2004, 97). Garrison ja Kanuka näkevät sulautuneen opetuksen tarjoavan täysin uudenlaisia näkökulmia oppimisen ja opetuksen väliseen suhteeseen, ja he kokevat metodin tehokkaaksi ja riskiltään pieneksi työtavaksi. Erityisesti he suosittelevat sulautuneen opetuksen käyttöä korkeakoulukonteksissa sen oppimiskeskeisyyden esiin tuomiseksi. Rovai ja Jordan totesivatkin jatko-opiskelijoita koskevassa tutkimuksessaan (2004), että sulautuneen oppimisympäristön avulla on mahdollista luoda suurempaa yhteisöllisyyden tunnetta opiskelijoiden keskuudessa kuin pelkkään lähi- tai verkko-opetukseen pohjautuvan opetuksen avulla. Tämän syyksi he listaavat muun muassa sen, että verkko-opiskelussa opiskelijat raportoivat kokevansa yksinäisyyden tunnetta. Toisaalta lähiopetus tuotti heidän aineistossaan introverteille ulkopuolisuuden kokemuksia.

Ilmeinen sulautuneen oppimisen etu on sen mahdollistama etäopetus. Lähiopetuksenakin järjestettävät kurssit on tietotekniikan avulla mahdollistaa toteuttaa osin verkossa ja liikehdintä kohti tätä kehityssuuntaa on ollut korkeakouluissa nopeaa (Rovai & Jordan 2004). Rovai ja Jordan huomioivat verkko-opetuksen ohessa olevan lähiopetuksen tärkeän vaikutuksen kurssin yhteiselle yhteisöllisyyden tunteelle. Nimenomaan etäopetuksen interaktiivisuus ja joustavuus ovat niitä elementtejä, jotka voivat nostaa sulautuneen opetuksen pedagogista arvoa (Graham 2006). Tässä tutkimuksessa oma pääpainoni etäopetuksen suhteen on digitaalisten ja perinteisten oppimisympäristöjen integroimisessa, mikä onkin sulautuneen oppimisen määritelmän ytimessä.

Sulautunut oppiminen on erityisen tehokas väline suurille, jopa satoja osallistujia sisältäville korkeakoulukursseille (Garrison & Kanuka 2004, 100). Oppimisympäristöjä sulauttavan kurssin suunnittelu ja toteutus vaatii pientä rahallista resurssia (Graham 2006, 7; Gau 2011), mikä voidaan nähdä sen merkittävänä etuna. Tselios ja kollegat tutkivat yliopisto-opiskelijoiden asenteita sulautuneeseen oppimisympäristöön, kun kontekstina oli Moodle-

ympäristö ja lähiopetus (Tselios et al. 2011). Tutkimuksessa havaittiin teknologia-asenteen paranevan Moodle-alustan käyttämistä sisältävän opetusjakson jälkeen, kun selittävinä tekijöinä olivat teknologian käyttämisen helppous ja havaittu hyöty. Gau huomioi erityisesti formatiivisen arvioinnin mahdollisuuden sulautuneessa oppimisympäristössä yliopiston kirjallisuuskurssilla (2011). Vaikka Gaun formatiivisessa palautteessa käyttämät testit tukeutuivatkin hänen tutkimuksessaan lähinnä monivalintakysymyksiin, ovat ne kuitenkin yritysluoda edes jonkinlaista jatkumoa palautteelle yliopistokontekstissa.

Graham (2006) muistuttaa, että sulautunutta oppimista käytettäessä on mahdollista sekoittaa lähi- ja verkko-opetuksen parhaiden puolien sijaan myös niiden heikoimpia ominaisuuksia – hän korostaakin suunnittelun tärkeyttä sulautettuja oppimisympäristöjä suunniteltaessa. Parhaimmillaan sulautunut oppimisympäristö ottaa kuitenkin ensisijaiseksi näkökulmakseen mahdollisimman tehokkaan oppimisprosessin (Rovai & Jordan 2004). Gau toteaa, että suunnitellun sulautuneen opetuksen avulla on mahdollista nostaa oppimisen kognitiivista tasoa (Gau 2011).

5.1.2 Verkko-opetus

Verkko-opetuksella viitataan työssäni ratkaisuihin, jotka nojaavat täysin verkon välityksellä tapahtuvaan opetukseen eivätkä ole osa sulautunutta oppimisympäristöä. Tällaisista välineistä on tehty paljon erilaisia luokitteluita ja jaotteluita. Esimerkiksi Rennie ja Mason listaavat wikit, blogit, podcastit ja e-portfoliot verkko-oppimisen välineiksi (Rennie & Morrison 2013, 43 - 60). On huomattavaa, että samat ympäristöt (tai, kuten Toikkasen (2012) mukaan yksittäisestä teknologiasta puhuttaessa, alustat) soveltuvat sekä kokonaan että osittain verkossa tapahtuvaan opetukseen, minkä myöhemmin huomaamme Aalto-yliopiston suhteen myös STACK-tehtävien suhteen.

Toikkanen korostaa verkko-opetuksen yhteisöllistä elementtiä ja näkee esimerkiksi vertaisten kanssa verkkoympäristössä tapahtuvan oppimisen mielekkäänä. Tämä puoltaa esimerkiksi sosiaalisen median opetuskäyttöä (Toikkanen 2012). Ilomäki näkee verkko-oppimisen ominaiseksi piirteeksi sen, että usein sen tarjoamat oppimisen välineet eivät ole alun perin pedagogiseen käyttöön suunniteltuja (Ilomäki 2012, 7). Sekä hän että Toikkanen

puhuvat verkko-opetuksen yhteydessä didaktisesta ja mielekkästä verkko-opetusympäristöstä sellaisena, joka on suunniteltu tarkasti – näkemys yhtenee Gaun (2011) sulautunutta oppimisympäristöä koskevan näkemyksen kanssa.

Ilomäki hahmottaa mielekkään verkko-oppimateriaalin käsitettä affordanssien eli tarjoumien avulla, joita tietty teknologia joko tukee tai ei (Ilomäki 2012, 10 - 11). Affordanssien avulla voidaan tarkastella oppimateriaalin soveltuvuutta johonkin tiettyyn pedagogiseen tarkoitukseen. Näihin tarjoumiin on kiinnitettävä erityistä huomiota, kun oppiminen tapahtuu kokonaan verkossa eikä jotakin tarjoumaa voida lähestyä vaikkapa lähiopetuksen keinoin. Paavolan ja Hakkaraisen mukaan verkko-oppimateriaaleja voi jaotella karkeasti sen mukaan, mitä pedagogista metaforaa ne tukevat; he jakavat nämä metaforat tiedonhankinnaksi, osallistumiseksi ja tiedonluomiseksi (Paavola & Hakkarainen 2005, 539). Tämä näkemys jakaa tämän tutkimuksen näkökulmasta verkko-oppimateriaaleja niin proseduraaliseen, ”drillaukseen” perustuvaan oppimiseen ja käsitteelliseen, ymmärtämiseen perustuvaan oppimiseen (hankintametafora) kuin keskustelupalstoihin ja chat-ryhmiin (osallistuva metafora) sekä vaikkapa matemaattisen ongelman ratkaisemiseen koodaamisen avulla (tietoa luova metafora). Verkko-oppimista on usein lähestytty konstruktivistisen oppimisteorian näkökulmasta (Rennie & Morrison 2013, 17), mikä painottaisi etenkin tiedonluomisen metaforaa; kuitenkin konstruktivistinen opetusmetodi voi tarjota tukea juuri yksilölliseen oppimiseen, jolloin affordanssiteorian näkökulmasta olisi kyse hankintametaforaan perustuvasta opetusteknologian käytöstä. Rennie ja Mason liittävät konstruktivismin ja verkko-oppimisen rajapintaan tiukasti myös osallistuvuuden ja interaktiivisuuden käsitteet laajentaen näkemystä sosiaalis-konstruktivistisen oppimisteorian suuntaan (kuten Toikkanen edellä).

Käsittelin edellä hyvin tiiviisti aiheen, josta on tehty erittäin laajasti tutkimusta. Omassa työssäni ainoastaan verkossa tapahtuva opetus ei kuitenkaan nouse keskiöön. Mielekkään verkko-opetuksen lyhyesti esitellyistä elementeistä voi kuitenkin ottaa oppia sulautuneen opetusympäristön verkkosäilytyksiä suunnitellessa.

5.2 Tietotekniikka ja oppiminen

Digitaalista oppimateriaalia voidaan didaktisesti järkevästi käytettynä luonnehtia esimerkiksi eriyttäväksi, monimuotoiseksi ja vuorovaikutteiseksi verrattuna perinteisiin, paperisiin oppimateriaaleihin (Kankaanranta 2015, 10 - 11). Työssäni käsittelen mielekästä digitaalista oppimista – siis sellaista, jossa edellä luetellut ominaisuudet näkyvät pedagogisen suunnittelutyön tuloksena. Kankaanranta näkee tehokkaan, adaptiivisen oppimisen perustaksi juuri digitaalisten oppimateriaalien käytön ja erityisesti verkko-opiskelun sekä verkkoarvioinnin. Hänen näkemyksensä siis oikeuttaa tietotekniikan valjastamisen myös mielekkääseen matematiikan opetukseen.

Tietotekniikan opetuskäyttöä on tutkittu laajasti esimerkiksi Luxemburgissa, jossa selvitettiin kaikkien kouluasteiden (alakoulusta korkeakoulutukseen) opettajilta tietoteknisiä toteutuksia opetustilanteissa (Linckels et al. 2009). Linckelsin ja kollegoiden tutkimuksessa havaittiin, että tietotekniikkaa käytetään opetustilanteissa motivoivana lisänä, joka usein koettiin opettajille laitteiden ja ohjelmistojen hallinnan opetteluun vuoksi työlääksi. Tietotekniikka muodosti tuen muulle opetukselle eikä sitä käytetty opiskelijoiden autonomisen oppimisen välineenä. Kuitenkin lähes jokainen kyselytutkimukseen vastannut opettaja käytti jollain tapaa opetuksensa tukena teknisiä välineitä. Ne opettajat, joiden opetustyyli oli opiskelija- eikä opettajalähtöinen, käyttivät selvästi enemmän tietotekniikkaa oppimiseen tähtäävänä välineenä.

Oliver on käsitellyt tietotekniikan opetuskäytön vaikutuksia oppimisen mekanismien muutokseen korkeakoulukontekstissa (Oliver 2002). Hän näkee tietotekniikan käytön kannustavan itsenäiseen työskentelyyn sekä ongelm pohjaiseen oppimiseen. Oliverin käsitys mielekkäästä tietotekniikasta opetustilanteessa on konstruktivistinen; hän tunnistaa käsitteellisen oppimistilanteen sosiaalisen ja tilanteellisen näkökulman ja kannustaa tarttumaan näihin tietoteknisissäkin toteutuksissa. Oliver näkee tietotekniikan avulla ajasta ja paikasta riippumattoman oppimisen korkeakoulujen suurena voimavarana. Tietotekniikan opetuskäyttöä korkeakouluissa tutkivat myös Schmid ja kollegat metatutkimuksessaan, jossa he selvittivät sen yhteyttä opinnoissa suoriutumiseen (Schmid et al. 2009). Laajan työn yhtenä tuloksena huomattiin, että ne teknologiat, jotka tukivat kognitiota, tuottivat parempia oppimistu-

loksia kuin ne teknologiat, joita käytettiin havainnoillistamaan tai välittämään tietoa. Schmidin ja kollegoiden tulos heijastelee näkökulmaa siitä, että teknologian opetuskäytön näkyvimmit hyödyt saadaan esiin tietynlaisella suunnittelu- ja toteutustyöllä - pedagogiikalla on siis tärkeä osansa tietotekniisiä opetussovelluksia suunniteltaessa. Omassa työssäni kognition tukeminen (jota Schmidt ja kollegat eivät artikkelissaan tarkasti määrittele) linkittyy matematiikan opintojen ja oppimisen tukemiseen.

Tietotekniikan opetuskäyttöä on kritisoitu muun muassa tietoteknisen laitteiston saatavuuden sekä sosiaalisen epäarvoistavuuden näkökulmasta. Esimerkiksi vähävaraisten kontekstissa on puhuttu digitaalisesta kuilusta (Latvala 2007). Työssäni käsittelen kuitenkin tietotekniikan opetuskäyttöä korkeakoulukontekstissa, jolloin oletukseni on, että opiskelijoilla on pääsy tietotekniikan pariin esimerkiksi tietokonealuokissa. Sutherland näkee myös, että opettajat kokevat liian vaikeaksi opetella monimutkaisten oppimisympäristöjen käyttämistä. Hän korostaa asiantuntijaverkostojen tärkeyttä, kun tietotekniikkaa aletaan integroida matematiikan opetukseen (Sutherland 2006).

5.3 Tietotekniikka ja matematiikan opetus

Ajatus matematiikan opettamisesta tietotekniikkaa apuna käyttäen ei ole uusi, ja erilaisia laskimia ja tietokoneita onkin käytetty tähän tarkoitukseen jo vuosikymmeniä (Flores 2002, 1). Usein on verrattu teknisten apuvälineiden ”tehoa” verrattuna ”perinteiseen kynään ja paperiin” – kuitenkin jokaisessa alustassa on omat heikkoutensa ja vahvuutensa, ja matematiikan opetuksessa tietotekniikan käytöstä tehdään mielekästä käyttämällä sitä oman potentiaalinsa mukaan (Goos 2010). Goos näkeekin tärkeänä, että opettaja voisi opettaa oppilaille myös mielekästä ja strategista välineiden käyttöä niiden käyttötarkoituksen mukaan. Matematiikan tietoteknisestä opetuksesta voidaan erottaa ohjelmistoja jotka on kehitetty juuri opetukseen kuin ohjelmistoja, jotka on alunperin kehitetty matemaatikoiden käyttöön. Toisaalta myös täysin muuhun kuin opetuskäyttöön suunniteltujen ohjelmistojen avulla voidaan päästä oppimistuloksiin (Sutherland 2006). Usein matematiikan opetusta tietotekniikan avulla on hahmotettu juuri konstruktivistisesta näkökulmasta siten, että ohjelmistojen avulla on voitu hahmottaa käsitteitä ja

niiden välisiä relaatioita (Repo 1996).

Keong ja kollegat tutkivat teknologian käyttöä yläasteen matematiikan oppitunneilla opettajille suunnatussa kyselytutkimuksessaan (Keong et al. 2005). Tutkimuksessaan he kartoittivat sekä tapaa, jolla opettajat teknologiaa käyttivät, että teknologian käytölle omaksuttuja esteitä. Ensinnäkin suurin osa (71 %) opettajista käytti tässä tutkimuksessa säännöllisesti tietotekniikkaa opetuksessaan ja 40,5% vastaajista käytti tietotekniikkaa nimenomaan matematiikan havainnollistuksen tukena. Tuloksista kävi ilmi, että suurimmat tietotekniikan opetuskäyttöä haittaavat tekijät olivat ajan puute, teknisen tuen puute ja puutteellinen opettajien koulutus.

Yliopistokontekstissa teknologian opetuskäyttöä matematiikan opintoihin liittyen on tutkinut esimerkiksi Lavicza keskittyen CAS-järjestelmiin (Computer Algebra Systems) (Lavicza 2006). Laviczan tuloksissa opettajien ajatukset ja asenteet tietotekniikkaa kohtaan määrittivät paljon teknologian integraatiota opetukseen. CAS-ohjelmistoja käytettiin eniten matemaattisten käsitteiden siirtämisen tehostamisessa; yksikään opettaja ei aineistossa maininnut tietotekniikan opetuskäytön motivoivaa vaikutusta. Lavicza ei löytänyt yliopisto-opettajien opetusteknologian käytön taustalta yhdistävää taustateoriaa, kuten konstruktivismia, mitä selittänee tutkimuksen monikansallisuus. Lavicza löysi aineistostaan kolme erilaista klusteria kuvaamaan tietotekniikan opetukseen integroinnin ongelmia; nämä olivat opettajan henkilökohtaiset ominaisuudet, ulkoiset tekijät (kuten institutionaaliset sekä teknologiaan liittyvät ongelmat) sekä opettajan käsitykset matematiikasta, sen oppimisesta ja CAS-järjestelmän avulla oppimisesta. Hän näki, että opettajien motivointi näiden kolmen ryhmän suhteen voisi edesauttaa tietotekniikan integrointia yliopisto-opetukseen.

Goos esittelee erilaisia rooleja, joiden avulla tietotekniikan opetuskäyttöä matematiikan parissa voidaan hahmottaa (Goos 2010, 69). Hän arvottaa tietotekniikan käytön ”palvelijana” (esimerkiksi laskin pelkkänä aritmeettisen lausekkeen sieventäjänä) vähemmän kehittyneeksi tavaksi hyödyntää digitaalista opetusmateriaalia kuin ”kumppanin” roolin, jolloin suhteessa on myös aitoa vuorovaikutusta. Goos painottaa myös tietotekniikan hyötyä matemaattisessa mallintamisessa.

Repon tutkimuksessa tutkittiin lukiolaisten derivaatan käsitteen konstruoi-

mista symbolisen laskentaohjelman avulla. Hänen tuloksensa konstruktivismiin nojaavasta opetustyylistä olivat positiivissävyytteisiä – jokainen oppilas hänen työssään sisäisti derivaatan käsitteen reflektiivisen abstrahoinnin seurauksena (Repo 1996). Erityisesti hänen kokeilujaksostaan hyötyivät lukion ryhmän heikoimmat (käsitteiden hallinnan kautta mitattuna) oppilaat. Repo painottaa tutkimuksessaan, että myös algoritmisia taitoja, kuten juuri derivoimista, opittaessa syvällisellä käsitteellisellä ymmärtämisellä on paikkansa. Hän näkee tietokonepohjaisen opetuksen pienentävän kuilua proseduraalisen ja konseptuaalisen tiedon oppimisen välillä. Proseduraalinen oppiminen vahvistui hänen tutkimuksessaan, kun konseptuaalisia taitoja kehitettiin CAS-laskentaohjelmiston avulla.

Matematiikan opetuksessa on ehdotettu jopa paradigman vaihdosta: esimerkiksi Haapasalo näkee matematiikan oppimisen nykyään jaetumpana (sekä ajan, paikan että formaalin oppimisen suhteen), konstruktivistisempänä ja teknologisesti rikastettuna (Haapasalo 2007). Hän näkee matematiikan digitaalisen oppimisen huonoimmillaan ”sähköisenä oppikirjana” – Goosin (Goos 2010) näkemystä lainaten oppimateriaali pitäisi nähdä ennemminkin kumppanin roolissa eli erityisesti interaktiivisena ja konstruktivistispohjaisena. Haapasalo ehdottaa, että tietoteknisten taitojen opetusta ei esimerkiksi opettajankoulutuksessa tehtäisi erillään formaalia tietoa tai pedagogista ajattelua opittaessa.

Matemaattisen ajattelun opettaminen tietotekniikan avulla on kohdannut myös kritiikkiä. Perinteisen paperimedian rajoitukset, kuten dynamiikan puute, siirtyvät helposti myös digitaaliseen materiaaliin, ja lisäksi matemaattisia symboleita voi olla yksinkertaisempaakin kirjoittaa nimenomaan paperille (Rasila et al. 2015, 3 - 4). Kaavan kirjoittaminen lineaarisesti ilman editoria voi olla turhauttavaa ja suunnata resursseja pois aidosta oppimistilanteesta (Sangwin 2013, 18). Kuten todettu (esimerkiksi Gau 2011), vaatii tietotekniikan opetuskäyttö suhteen tarkkaa suunnittelutyötä. Tätä suunnittelutyötä tarvitaan erityisesti matematiikan opetuksen erityispiirteiden suhteen. Haapasalo käsittelee myös minimalististen ohjeiden käsitettä - käytetyn teknologia-alustan tulee matematiikkaa oppiessa oltava sellainen, että sen käyttö ei vaadi tarpeettoman suuria resursseja (Haapasalo 2007).

Tämän teoriaosuuden pohjalta hahmotan työssäni mielekästä matematiik-

kan tietoteknistä opetusta konstruktivistista lähtökohdista. Koska digitaalisella konseptuaalisen tiedon harjoittamisella voi olla selkeä yhteys myös proseduraalisten taitojen kehittymiseen (Repo 1996; Haapasalo 2007), ehdotan tätä sellaiseksi pedagogiseksi viitekehykseksi, jota voisi harkiten ja mielekkäästi ehdottaa tietoteknisen opetuksen pohjalle myös heikompien oppijoiden matematiikan oppimista tukeksi.

5.4 Tietokoneperusteinen arviointi

Tietokonepohjainen arviointi on useimmiten toteutettu monivalintakysymyksin, mutta nämä voivat helposti johtaa jopa väärin oppimiseen, jos opiskelijan mieleen jäävät vääräksi tarkoitetut vastausvaihtoehdot (Sangwin 2013, 3 - 4). Niinpä käsittelenkin tässä työssä arviointia Sangwinin mukaisesti kunnianhimoisemmasta näkökulmasta. Keskityn järjestelmiin, jotka tietotekniikan avulla arvioivat opiskelijan syöttämää matematiikan vastausta. Kuten Sangwin toteaa, tällaiset ohjelmistot tuovat mukanaan monia kysymyksiä esimerkiksi vastauksen oikeellisuudesta ja validiudesta. Tällöin voidaan myös puhua automaattisesta arvioinnista - joskaan kaikki tietokoneperustainen arviointi ei tätä välttämättä ole.

Croft ja Robinson ovat käyttäneet matematiikan tuen keinona verkkopohjaista formatiivista arviointia (Croft et al. 2009). Tämä on toteutettu pieninä tentteinä, jotka on tehty verkossa viisi kertaa lukukaudessa. Tenttejä varten on saanut tehdä rajattoman määrän verkossa tehtäviä harjoitustehtäviä, ja itse tenttiin sisältyy myös itsearviointi. Tätä arviointitapaa on käytetty osana holistista matematiikan tuen mallia, jossa kyseinen arviointi oli tukitoimenä yksi monien muiden joukossa. Toisena esimerkkinä tietokonepohjaisesta arvioinnista on Aalto-yliopistossa käytetty malli, jossa tietokoneen avulla suoritettiin diagnostinen oppimistesti kurssin alussa sekä useita formatiivisia testejä sen aikana (Rasila et al. 2010).

Schwartz tunnistaa tietokonepohjaisen arvioinnin tärkeäksi korkeakoulutuksen uudistajaksi etenkin formatiivisen arvioinnin osalta (Schwartz 2002). Tällaisen arvioinnin mahdollisimman tarkoituksenmukaisen onnistumisen puolesta hän hahmottelee kaksi periaatetta. Ensinnäkin sen tiedekunnan tai laitoksen, jolla tietokoneperustaista arviointia käytetään, on sitouduttava ar-

viointimenetelmään ja sen taustaideologiaan täysin. Lisäksi Schwartz painottaa hyvien arviointitehtävien tuottamisen tärkeyttä ja ehdottaa jonkinlaisia tukitoimia, jotta yliopisto-opettajat saisivat intoa tällaisia koostaa.

Tietokoneperusteista arviointi on pedagogisesti harkittuja tehtäviä käyttäen nähty tutkimuksessa toimivana oppimisen kannalta. Kingstonin ja Nashin formatiivisen arvioinnin opetuskäytön oppimistuloksiin kohdistamia vaikutuksia tutkivassa meta-analyysissä löydettiin tietokonepohjaiselle formatiiviselle arvioinnille erityisen suuri efekti koko oppimistuloksiin nähden (Kingston & Nash 2011). Rasila tiivistää tämän mielekkään käytön hyötyjä nähden tietokonepohjaisen arvioinnin parantavan opiskelijoiden saamaa palautetta, diagnostista tetausta sekä datan keräämistä (Rasila et al. 2010).

5.5 Tietokoneperusteinen matematiikan oppimisen tuki

Edellisessä kappaleessa esiteltyä arviointia oppimisen tukena on tutkimuksessa esitelty myös tehokkaana tuen keinona korkeakoulukontekstissa (Lafuente et al. 2014). Lafuente ja kollegat tutkivat niitä periaatteita, joiden avulla digitaalinen oppiminen edesauttaisi tukea tarvitsevan opiskelijan autonomisia oppimisen taitoja sekä käsitteellistä ymmärtämistä. Erityisesti he analysoivat tapaustutkimuksessaan sulautuneen ja kokonaan verkossa tapahtuvan oppimisympäristön vaikutusta oppimisen tukemiseen. Tukimuotojen onnistuneeseen käyttöön vaikutti Lafuente ja kollegoiden tutkimuksessa erityisesti se rooli, jolla tietotekniikkaa käytettiin. Verkko-oppimisen tapauksessa teknologista oppimisympäristöä käytettiin alustana jonka avulla saatiin tietoa opiskelijoiden oppimisesta että alustana, jolla tuettiin sitä, kun sulautuneessa ympäristössä sitä käytettiin vain tiedon keräämistä varten. Tässä tutkimuksessa sulautunut oppimisympäristö tukeutui liikaa ”kasvoista kasvoihin” tapahtuvaan tukeen, eikä teknologiaa hyödynnetty tarpeeksi; oppimistulokset jäivät siis myös pienemmiksi. Lafuente ja kollegat kannustavat asettamaan tietotekniikalle kunnianhimoisen roolin korkeakouluympäristössä, jossa kasvotain tapahtuvaan tukemiseen on lähes aina varattu liian vähän resursseja.

McLeod tutki väitöskirjassaan tietotekniikan opetuskäyttöä kahdeksaluokkalaisten (yhdysovaltalaisen koulujärjestelmän mukaan; tutkittavat olivat 13-14-vuotiaita) matematiikan oppimisvaikeuksista kärsivien oppilaiden pa-

rissa (McLeod 2011). Koska tutkimus toteutettiin eri koulutuksen asteella kuin omani, ei sen tuloksia voida suoraan hyödyntää omaan korkeakoulu-kontekstiini. McLeodin aineistosta nousi kuitenkin esille, että tietokoneiden määrän nostaminen ei itsessään nostanut oppimistuloksia, vaan tähän vaadittiin opettajien ammattitaito tietoteknisiä tehtäviä suunnitellessa. Tämän vuoksi erityisesti ammattilaisten verkostojen tärkeyttä on painotettu mie-lekkäiden tietoteknisten tehtävien tuottamiseksi – verkko on myös todettu mainioksi verkostoinnin ja kollektiivisen ideoinnin välineeksi (Flores 2002). Nämä tulokset muistuttavat pedagogin tärkeästä panoksesta älykkäimmän-kin tietoteknisen opetussovelluksen taustalla.

Atjonen tutki tieto- ja viestintäteknikan käyttöä myöskin koulukonteks-tissa, mutta nosti tässä tutkimuksessaan myös erityisopetuksen teeman esille (Atjonen 2005). Hän näkee tietokonepohjaisten tehtävien voivan motivoida myös oppimisen tukea tarvitsevia etenkin niiden osalta, jotka kärsivät moti-vaatioiden ja oppimisstrategioiden ongelmista. Atjonen painottaa tällöin hy-vän ohjauksen merkitystä, joskaan ei nosta esille, että tätä ohjausta voitaisiin tarjota myös tietokoneperustaisesti (kappale 5.4). Vaikka Atjosen tutkimus on, kuten edellä, toteutettu eri kontekstissa kuin omani, on hänen näkemyk-sensä tietotekniikan roolista oppimisen tasa-arvon edistäjänä relevantti myös korkeakoulujen suhteen.

Erityisen mielenkiintoisen näkökulman tietotekniikan käyttöön matema-tiikan tuen näkökulmasta antaa Devlinin teoria ideaalin oppimisympäristön periaatteista (Devlin 2011, 83 - 106). Devlinin määrittelee 11 eri periaatet-ta matematiikan digitaaliselle oppimisympäristölle niin, että ne mahdollisim-man hyvin tukisivat oppimista. Mielenkiintoista oman työni kannalta on, että hyvin samanlaisia periaatteita tukevat myös erityispedagogisen tutkimuksen tulokset mahdollisimman tarkoituksenmukaisista keinoista opettaa matema-tiikkaa tukea tarvitsevalle. Tällaisia ovat esimerkiksi ohjelmistojen tarjoa-ma mahdollisuus eriyttää tehtäviä sekä tehtävien laadun että suoritusajan suhteen ja jatkuva, asianmukainen palaute omista virheistä oppimisen vah-vistamiseksi. Ennen kaikkea Devlin painottaa, että oppimisympäristön tulisi tarjota stimuloiva ja motivoiva kokemus oppijalle.

Brants ja Struyven tutkivat kirjallisuuskatsauksessaan niitä faktoreita, jotka edesauttavat onnistunutta tietotekniikan annettavaa tukea (Brants &

Struyven 2009). Heidän työnsä ei liittynyt tiukasti matematiikkaan vaan yleisesti korkeakouluissa tarjottaviin sähköisiin tukimuotoihin, mutta käytän sen tuloksia myöhemmän kirjallisuuskatsaukseni pohjana teoriatriangulaation (Eskola & Suoranta 1998, 69 - 70) mukaisena erityispedagogisena teorianä. Kirjallisuuskatsauksessa löydettiin viisi erilaista tuen vaikutusta nostavaa faktoria:

- Onnistuneet tukipalvelut. Myös emotionaalinen ja sosiaalinen tuki.
- Tiukasti strukturoitu tuki ja selvästi määritellyt tavoitteet.
- Asianmukainen henkilökunnan koulutus.
- Monipuolisten tukimuotojen käyttäminen. Esimerkiksi sekä yksilö- että ryhmätöiden teettäminen.
- Konkreettiset tosielämän esimerkit ja sovellukset osana tukea.

5.6 STACK-ohjelmisto

Matematiikan oppimiseen on eri kouluasteilla käytössä hyvin erilaisia verkkooppimisen ympäristöjä. Esittelen teoriaosiossani tarkemmin näistä vain yhden, STACK-ohjelmiston. Tämä johtuu siitä, että juuri STACK-pohjaiset tehtävät ovat olleet käytössä useilla matematiikan kursseilla Aalto-yliopistossa, jossa tapaustutkimukseni toteutan. STACK on mainio esimerkki oppimisympäristöstä, joka ainakin lähtökohdiltaan sopii formatiivisen palautteensa ansiosta heikompien opiskelijoiden tueksi.

STACK on avoimen lähdekoodin oppimisympäristö Moodle-alustalla. Sen kehittämisen aloitti Sangwin Birminghamin yliopistosta, ja myöhemmin yhteistyötä on jatkettu kansainvälisesti; esimerkiksi juuri Aalto-yliopisto on ollut kehittämässä ohjelmistoa (Sangwin 2013, 114 - 116). STACK perustuu symbolisen laskennan ohjelmistoon, Maximaan, joten sen avulla kyetään sekä laskentaan että mallintamiseen.

Sangwin on luonnehtinut STACK-järjestelmää periaatteilla, joiden opetuskäyttöön soveltuvuutta tukevat myös monet tämän työn teoriaosuudet (Sangwin 2013, 103 - 104):

- STACK koostaa tehtävistä satunnaistettuja versioita, jolloin plagioinnin pelko koetilanteissakin vähenee.
- Vastauksiin hyväksytään matemaattisia kaavoja ja merkintöjä ja STACK myös ymmärtää syötteen laskennan kannalta.
- Opiskelijan vastauksista annetaan palautetta kaikissa sen muodoissaan; kuitenkin etenkin formatiivinen palaute on järjestelmän ytimessä.
- STACK tallentaa dataa opettajalle jatkoanalyysiä varten.

STACK-järjestelmä nojaa ennen kaikkea interaktiivisuuteen ja formatiiviseen palautteeseen. Järjestelmän avulla on mahdollista muodostaa vastauspuita, joissa opiskelijan kirjoittamaa ratkaisuehdotusta verrataan opettajan malliratkaisuun. Tämän jälkeen opiskelijalle tarjotaan vastauksensa pohjalta välittömästi palautetta. Järjestelmä tarjoaa siis puitteet hienostuneillekin tietoteknisille toteutuksille; pedagogisesti mielekkäiden tehtävien koostaminen vaatii kuitenkin taustalle pedagogin suunnittelutyön (esimerkiksi Gau 2011). Erityisen potentiaalinen ominaisuus STACK-järjestelmässä on sen uusimman version (STACK3) mahdollistamat tilamuuttujat, joiden avulla voidaan koostaa opiskelijoille moniosaisia tehtäviä. Tällaisesta tehtävässä on edellä yksi esimerkki.

Tämän työn kannalta STACK-ympäristön suurin potentiaalinen hyöty liittyy sen yksilöllisyyttä korostavaan satunnaistamiseen ja datan keräämiseen. Opettaja pystyy saamansa datan avulla yksilöllistämään matematiikan tehtäviä, ja näin ollen STACK kuulostaa houkuttelevalta alustalta myös matematiikan oppimisen tukea ajatellen. Olen aiemmissa luvuissa käsitellyt mielekkäitä tietotekniikkaan nojaavia matematiikan tehtäviä, ja tulen jatkossa tarkastelemaan, millaisia mahdollisuuksia STACK voisi tuen näkökulmasta tähän aiheeseen antaa. Erityisen mielenkiintoinen STACK-järjestelmän kannalta on Kilpatrickin ja kollegoiden jaottelu matematiikan osaamisen käsitteestä (Kilpatrick et al. 2001).

In this question we want you to apply integration by parts to this integral:

$$\int 9x^3 e^{3x} dx$$

As a reminder by integration by parts we mean this:

$$\int u(x)v'(x) dx = u(x)v(x) - \int v(x)u'(x) dx$$

Your selection placed to the formula leads to this:

$$\begin{aligned} u(x) &= e^{3x} & v'(x) &= \frac{27x^4}{4} \\ u'(x) &= 3e^{3x} & v(x) &= \frac{27x^5}{20} \end{aligned}$$

$$\int \frac{27x^4 e^{3x}}{4} dx = \frac{27x^5 e^{3x}}{20} - \int \frac{81x^5 e^{3x}}{20} dx$$

Which basically means that you will have to integrate this:

$$\int \frac{81x^5 e^{3x}}{20} dx$$

You now have a few options on how to continue, you can either just give the value of that integral and if it is correct this whole process ends or you can repeat the same integration by parts process on that integral and hopefully generate an easier integral through it. You could also undo your selection and try again with another $u(x)$ and $v'(x)$.

Have you noticed how the order of that term in the integral grows? Surely, the integral would be simpler to solve if that order went down instead?

$$\int \frac{81x^5 e^{3x}}{20} dx =$$

Repeat integration by parts

Undo this selection

Check

Kuva 1: Esimerkki tilamuuttujia hyödyntävästä STACK-tehtävästä.

6 Tietotekniikka yliopistotason matematiikan oppimisen tuen toteuttajana

Tässä luvussa pyrin kirjallisuuskatsauksen metodologian avulla löytämään pääpiirteitä ja suuntaviivoja mahdollisimman tarkoituksenmukaisen opetusteknologian käytölle opiskelijan matematiikan oppimisen tukemista ajatellen.

Kirjallisuuskatsaukseni lähtökohdat perustuvat Lin ja Man 46 opetusalan tutkimuksen metatutkimukseen, jossa selvitettiin opetusteknologian käytön vaikutusta matematiikan oppimiseen (Li & Ma 2010). Heidän tuloksensa on kerätty luokka-asteilta 1-12 (K-12 yhdysvaltalaisen mallin mukaan). Tämän vuoksi suoraa siirrettävyyttä ei korkeakouluasteelle voida tehdä. Lin ja Man tutkimus oikeuttaa osaltaan myös tämän katsauksen tarvetta, sillä oma kirjallisuuskatsaukseni kartoittaa samankaltaista aihepiiriä korkeakoulutuksen matematiikan opintojen saralta. On myös huomattavaa, että Lin ja Man metatutkimuksessa suuri osa tutkimuksista koski lukiokoulutusta – vanhimmat osallistujat olivat siis jo 18-vuotiaita eli hyvin lähellä oman työni osallistujakuntaa, korkeakouluopiskelijoita. Kyseinen tutkimus sopii oman työni viitekehukseen siksikin, että se käsitteli vain vuoden 1990 jälkeisiä tutkimuksia (valtaosa toki uudempia), sillä opetusteknologia on tietysti kehittynyt nopeasti viime vuosikymmenten aikana.

Myöhemmin työni toisessa osassa tarkoitukseni on soveltaa tässä osassa kerättyä informaatiota yhteen tapaustudkimukseen. Tällöin pyrin laajan näkökulman sijaan hahmottamaan ilmiötä sisältä päin ja luomaan juuri tiettyyn ympäristöön sopivia opetusteknologian käytön periaatteita unohtamatta laajaa tutkimuspohjan tarjoamaa tietoa.

6.1 Kirjallisuuskatsaus tutkimusmetodina

Tarkastelen opetusteknologian käyttöä matematiikan tukemisen välineenä korkeakoulukontekstissa systemaattisen kirjallisuuskatsauksen keinoin. Salminen mukaan kyseessä on systemaattinen ja tieteelliseen metodologiaan pohjaava tiivistelmä aiemmista tutkimustuloksista (Salminen 2011, 9 - 10). Käyn läpi suurehkon määrän tutkimusta, jotta pystyn myöhemmin asettamaan oman työni tälle tutkimusten kartalle niin historiallisesti kuin metodologi-

sestikin. Systemaattista kirjallisuuskatsausta käytetään etenkin lääketieteessä todistepohjaiseen päätösten tekemiseen (Petticrew 2001, 98); omassa työssäni etsin kirjallisuuskatsauksen avulla näkökulmia, joiden avulla voin myöhemmin tehdä päätöksiä Aalto-yliopiston opetusteknologian avulla tuettavaa matematiikan opetusta ajatellen.

Erityisesti systemaattinen kirjallisuuskatsaus eroaa muusta kirjallisuuskatsauksesta tutkimuspohjan manipuloinnin kannalta (Petticrew 2001, 98 - 99). Tähän kirjallisuuskatsaukseen olenkin valinnut tutkimuksia seulan läpi. Tutkimuksia olen etsinyt Nelli- ja ERIC-portaalien sekä Google Scholarin avulla. Hakusanoina käytettiin esimerkiksi sanoja ”mathematics”, ”support”, ”ict”, ”remedial” ja ”higher education” sekä niiden yhdistelmiä. Lisäksi etsin artikkeleita lisää löytämäni töiden lähdeluettelojen kautta. Tällaisen verkkona kasvavan työskentelyn tuloksena löysin satoja artikkeleita, joista valitsin laadullisen seulan läpi 25 kriteerit täyttävää artikkelia vertailuun.

Mukailen tutkimuksia analyysiin valitessa Lin ja Man valintaperiaatteita (Li & Ma 2010):

- Tutkimuksessa teknologiaa käytetään opetuskäyttöön opetuksen kehityksen tarkoituksena.
- Tutkimuksen osallistujat tai intervention kohteet ovat opiskelijoita yliopistossa tai teknillisessä korkeakoulussa.
- Tutkimus on julkaistu vuosina 2000-2016.
- Tutkimus käsittelee matematiikan oppimisen tukemista korkeakoulu-kontekstissa. Monissa löydetyissä töissä käsiteltiin jonkin tietyn opetusmetodin tai tietoteknisen sovelluksen vaikutuksia oppimiseen; mukaan valittiin kuitenkin vain sellaisia tutkimuksia, jossa tällainen tutkimus lähtee dokumentoidusta tuen tarpeesta.
- Tutkimuksessa teknologia ei ole ainoastaan diagnostista arviointia mahdollistava tekijä.
- Opetusteknologia on tärkeä osa tutkimusta tai siinä esiintyvää interventiota. Useassa tutkimuksessa opetusteknologia on mainittu yhtenä

tukimuotona, mutta tämä on jätetty maininnan tasolle; tällaisia tutkimuksia ei ole otettu mukaan tähän työhön. Opetusteknologian käyttöä on pitänyt kuvata riittävän hyvin, jotta työ on voitu valita mukaan tähän analyysiin.

6.2 Tutkimustehtävä ja hypoteesit

Asetan tämän luvun kirjallisuuskatsaukselle kolme hypoteesia, joiden paikansapitävyyttä tarkastelen lopulta analyysissäni. En nimitä tälle kirjallisuuskatsaukselle varsinaisia tutkimuskysymyksiä, sillä pyrin kuvaamaan tutkimuskenttää enkä niinkään löytämään selviä, yksikäsitteisiä ratkaisuja. Laajana analyysin pohjana käytän kuitenkin seuraavaa kysymystä: Millä tavoin tietotekniikan avulla toteutettua matematiikan tukea on yliopistoissa tarjottu ja millainen vaikuttavuus sen käytöllä on ollut oppimistuloksiin?

Hypoteesit on johdettu Lin ja Man meta-analyysin tutkimustuloksista (Li & Ma 2010):

- Opetusteknologian käytöllä on havaittu positiivinen vaikutus oppimiseen, kun se on yhdistetty konstruktivistiseen oppimisnäkemykseen.
- Sulautuneessa opetusympäristössä opetusteknologialla on suurempi vaikutus oppimiseen kuin verkko-opetusympäristössä.
- Opetusteknologian mielekkästä käytöstä hyötyvät erityisesti tukea tarvitsevat opiskelijat.

6.3 Kirjallisuusaineiston esittely

Kirjallisuuskatsauksen aineistoni kattaa 30 tutkimusartikkelia. Näistä suurin osa sisältää empiirisen tutkimuksen, mutta osa keskittyy lähinnä esittelemään tietyn yliopiston tarjoamaa matematiikan tietoteknistä tukea. Tutkimukset edustavat laajaa kansainvälistä näkemystä, sillä niitä on kerätty muun muassa Yhdysvalloista, Aasiasta, Euroopasta ja Afrikasta. Jokainen teksti on kuitenkin englanninkielinen yhtä suomenkielistä poikkeusta (22) lukuun ottamatta. Tutkimukset on eritelty taulukkoon (ks. seuraava sivu) id-numeroittain; jatkossa viitataan tiettyihin aineiston tutkimuksiin tämän numeroinnin avulla.

Aineiston analyysille luoma haaste syntyy tutkimusartikkelien heterogeenisyydestä. Artikkeleista vain 13 sisältää määrällisiä menetelmiä tietotekni- sen tuen vaikuttavuudesta, ja näissäkin on analysoitu vaikuttavuuden mää- rää erilaisin mittarein; tällaisia olivat esimerkiksi summatiivinen koe mate- matiikan osaamisesta sekä numeerinen itsearviointi siitä, kuinka paljon opis- kelija koki hyötyvänsä tuesta. Salminen (2011, 14 – 15) näkee kvantitatiivisen meta-analyysin peruslähtökohdaksi sen, että analyysiin valitut tutkimukset ovat samantyyppisiä ja pystyvät antamaan numeerisia tuloksia. Aineiston heterogeenisyyden vuoksi päädyin suorittamaan analyysin juuri hypoteese- ja testaavana kartoituksena Salmista mukaillen, enkä käyttänyt esimerkiksi tilastollisia menetelmiä.

Tutkimusartikkeleissa esitelty tuen keinot vaihtelevat myös suuresti. Mo- net tukikeinot perustuivat tiettyyn projektiin (esimerkiksi FETLAR (9), VEMA (2), HELM (5)) enemmän tai vähemmän holistisella lähestymistä- valla. Tietoteknisten sovellusten määrä on myös kattava: STACK (22, 26), screencast-videot (17, 28), Maple TA (3, 11), Blackboard (4, 8, 21)... Hyvin monessa tutkimuksessa tietotekninen tuki linkittyi erillisen matematiikan tu- kikeskuksen toimintaan (esimerkiksi 15, 16). Yksi omaksi ryhmäkseen erottu- va artikkeliperhe paneutui kommunikoinnin edistämiseen tietotekniikan avul- la e-mentoroinnin tai opiskelijoiden yhteisen opiskeluympäristön avulla (1, 13, 21).

Tutkimukset käsittivät hyvinkin erilaisia aloja. Iso osa keskittyi tekniil- lisissä korkeakouluissa annettavaan matematiikan tukeen, mutta aineistoon mahtui tutkimuksia myös esimerkiksi Life Sciences -opinnoista (8) ja opet- tajan opinnoista (29). Suurimmassa osassa tutkimuksia kuvattu tuki kohdis- tettiin ensimmäisen vuoden opiskelijoille tai nivelvaiheisiin esimerkiksi mais- teritasolle siirryttäessä. Kuitenkin myös muita ”at risk”-ryhmiä löydettiin; tällaisena nähtiin esimerkiksi matematiikan sivuaineopiskelijat (12, 18). Var- sinaiset oppimisvaikeudet mainittiin tuen ryhmänä vain kahdessa työssä (6, 27). Tarjotun tuen muoto vaihteli artikkeleissa aina tietokoneperustaisista siltakursseihin asti.

id	Tutkimus	id	Tutkimus
1	Basitere & Ivala 2015	16	Llorens et al. 2014
2	Biehler et al. 2012	17	Loch et al. 2012
3	Brouwer et al. 2009	18	Luhan et al. 2013
4	Cooney 2013	19	Mac an Bhaird & O'Shea 2011
5	Davis et al. 2005	20	Masouros & Alpay 2010
6	Doyle 2010	21	Pettigrew & Shearman 2013
7	Evans & Jackman 2003	22	Rasila et al. 2011
8	Ferrier 2013	23	Rienties et al. 2006
9	Fletcher & Milne 2010	24	Sárka & Pavlína 2008
10	Frith et al. 2004	25	Seiler et al. 2014
11	Gorman et al. 2009	26	Silius et al. 2009
12	Hibberd et al. 2003	27	Sosnovsky et al. 2014
13	Hodges et al. 2014	28	Sturm-Beiss 2013
14	Jackson et al. 2009	29	Tanner & Jones 2000
15	Lawson et al. 2008	30	Tolley et al. 2012

Taulukko 1: *Kirjallisuuskatsauksen aineisto.*

6.4 Kirjallisuusaineiston analyysi

Analysoin 30 tutkimuksen aineistoni pedagogisen viitekehysten, käytetyn teknologian roolin sekä teknologian oppimisvaikutusten suhteen. Koska aineisto ei sovellu kattavan tilastollisen testauksen avulla arvioitavaksi, voi tätä analyysiä kutsua ennemminkin laadulliseksi, kuvailevaksi katsaukseksi (Salminen 2011, 16).

Pedagoginen viitekehys

Pedagogista viitekehystä arvioin jokaisen tutkimuksen kohdalta. Merkitsin taustateorian vaikuttaneen oppimisteorian ylös, jos sellainen erikseen tekstissä mainittiin. Lisäksi merkitsin viitekehysten ylös, jos sitä ei erikseen mainittu, mutta se selvästi toimi vallitsevana oppimisen käsityksenä tekstissä (esimerkki tästä on sosiaalisen oppimisen viitekehys). Jos tekstissä ei mainittu oppimiseen liittyvää teoriaa millään tavalla, tulkitsin otteen pragmatistiseksi. Tällöin yliopistossa tai tietyllä laitoksella oli huomattu matematiikan oppimisen vaikeudet ja näihin haluttiin kiinnittää huomiota. Tämän tuen välineenä käytetty tietotekniikka nähtiin jonain tiettyä ohjelmistona tai tehtäväpaketina ilman perusteltua pedagogista näkemystä. Monet tutki-

muksista luokiteltiin kahteen eri luokkaan, jos niissä selvästi käytettiin pohjateorian roolissa kahta eri pedagogista viitekehystä. Löydetyt pedagogiset viitekehukset on koottu taulukkoon 2.

Pedagoginen viitekehys	Tutkimukset
Pragmatistinen oppimisteoria	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30
Sosiaalinen oppimisteoria	1, 13, 20, 21, 23, 29
Konstruktivistinen oppimisteoria	10, 16, 18, 25, 29
Kognitiivinen oppimisteoria	6, 11, 14
Elinikäisen oppimisen teoria	24
Kulttuurinen oppimisen teoria	27

Taulukko 2: *Analyysissä löydetty pedagogiset viitekehukset.*

Selvästi yleisin tutkimusaineistossa käytetty pedagoginen viitekehys oli pragmatistinen ote. Tähän kategoriaan luokiteltiin lähes jokainen tutkimus. Näissä töissä oltiin lähtökohtaisesti huolissaan esimerkiksi opintonsa lopettavien suuresta määrästä tai valmistumisaikojen pidentymisestä. Artikkeleissa kuvattiin tarjottuja tukikeinoja, joita olivat esimerkiksi erilaiset tietokoneavusteiset tehtävät, siltaopintona suoritettavat kurssit sekä diagnostiset, sähköiset testit. Oppimisen luonteeseen ei niinkään otettu kantaa, vaan se nähtiin ilmiönä, jonka tarkemman luonteen selvittäminen ei ole käytännön ongelmaa eli heikkoja oppimistuloksia tarkastellessa hedelmällistä. Usein pragmatistiin näkemykseen liittyi myös elementtejä jostain tarkemmin määritellystä oppimisteoriasta (kuten käy ilmi taulukosta 2).

Muita pedagogisia viitekehyksiä löytyi analyysissä selvästi vähemmän. Tämä oli yllätyksellistä verrattuna alempien kouluasteiden matematiikan oppimista käsitteleviin tutkimuksiin – esimerkiksi Li ja Ma tunnistivat meta-tutkimuksessaan selvästi useammin selkeän, pedagogisen näkemyksen tietotekniikan opetuskäytön takana (Li & Ma 2010).

Suurin löydetty ryhmä pragmatististen tutkimusotteiden jälkeen oli ryhmä, joissa hyödynnettiin sosiaalista oppimisen teoriaa. Näissä oppimisen tueksi tarjottiin erilaisia verkon kautta toteutettavia keskustelukanavia. Matematiikan opinnoista puhumiseen muiden opiskelijoiden kanssa ehdotettiin niin keskustelupalstaa (23, 29) kuin Facebook-ryhmääkin (1). Lisäksi artikkeleissa

tutkittiin e-tutorointia (tai e-mentorointia) matematiikan tuen keinona (13, 21) – tällöin vanhempia tai opinnoissaan pidemmälle edistyneempiä opiskelijoita käytettiin verkkotuen tarjoajana. Vaikka näissä töissä huomioitiin sosiaalinen oppiminen pedagogisena viitekehystenä, oli lähtökohta silti usein myös pragmatistinen; sosiaalisen tuen keinoin pyrittiin parantamaan oppimistuloksia, sillä opiskelijoiden heikko taso oli huomioitu epäkohdaksi.

Konstruktivistinen näkökulma esiintyi viidessä eri tutkimuksessa. Kuten sosiaalisen oppimisen teoriaa hyödyntävissä tutkimuksissa, myös näissä töissä oppiminen tarkasteltiin ilmiönä myös vahvasti pragmatistisesta näkökulmasta. Merkittävää oli, että näistä töistä vain yhdessä matematiikan tuki liittyi tiukasti ensimmäisen vuoden opiskelijoihin. Sen sijaan konstruktivistinen oppimisteoria nähtiin välineenä, jonka avulla voitaisiin parantaa oppimistuloksia esimerkiksi sivuaineopiskelijoille (18) sekä korkeakoulutuksen nivelvaiheisiin yleisesti (25). Konstruktivistinen oppimisen teoria näkyi kaikissa näissä viidessä artikkelissa käsitteelliseen oppimiseen tähtäävinä sähköisinä tehtävinä. Lisäksi niissä esiintyi verkossa toteutettuja visualisointeja (18, 25), formatiivista palautetta (10) sekä kokeellista työskentelyä (18). Eroa ainoastaan pragmatistiseen oppimiskuvaan nojaaviin tutkimuksiin näissä töissä oli se, että nimenomaan konseptuaaliseen tietoon pohjaavaa oppimista painotettiin. Konstruktivistinen näkemys oppimisesta myös mainittiin nimeltä näissä artikkeleissa.

Tutkimusaineistosta löydettiin myös kolme muuta, selvästi pienempää ryhmää oppimisteorioiden suhteen. Kolmessa artikkelissa mainittiin nimeltä kognitiivinen oppimisteoria. Näissä paneuduttiin oppimiseen ilmiönä niin Gardnerin oppimisteorian (14), scaffolding-teorian (11) kuin dyskalkuliankin näkökulmista (6). Sanaa ”kognitiivinen” käytettiin jokaisessa tutkimuksessa, joten niitä varten luotiin oma luokka. Lisäksi yksi artikkeli käsitteli oppimista elinikäisen oppimisen teorian kautta (24) kuitenkin pragmatistista otetta myös painottaen. Tätä ajattelutapaa ei avattu muissa töissä; oppiminen hahmotettiin nimenomaan aikuisten ihmisten oppimisena. Yksi artikkeli (27) käytti näkökulmanaan pragmatismia lisäksi myös kulttuuriin sidottua oppimista nostamalla esille myös matematiikan tietoteknisesti tarjotun tuen kielen.

Teknologian rooli

Teknologian roolia hahmotetaan tässä erityisesti Lafuenteen ja kollegoiden tutkimustulosten näkökulmasta (Lafuente et al., 2014). Aivan aluksi jaotteen tutkimusaineistoni sen mukaan, onko kyseisessä artikkelissa kuvattu tietoteknistä tukea verkko-opetuksena vai sulautuneen oppimisympäristön osana. Jaan tutkimusaineistoni lisäksi kahteen osaan Lafuenteen ja kollegoiden tuloksiin nojautuen sen mukaan, onko teknologian rooliksi jäänyt artikkelissa oppimisen tukeminen vai tiedon kerääminen oppimisprosessista. Tällainen jaottelu on linjassa teoriaosuuteni kanssa, sillä hahmotan oppimisen tukea juuri oppimisen ja arvioinnin näkökulmista.

Taulukossa 3 on jaoteltu tutkimusaineisto Lafuenteen ja kollegoiden (Lafuente et al. 2014) roolien mukaan ja tietotekniikan ja lähiopetuksen suhteen jaotteen mukaan (kokonaan verkossa tai sulautuneesti järjestetty opetus). Tutkimus luokiteltiin oppimista tukevaksi Lafuentea ja kollegoita mukaillen, jos siinä esiteltyt tietoteknisen tuen muodot heijastivat ajatusta siitä, että tietotekniikan opetuskäytön avulla voidaan nostaa opiskelijoiden matematiikan oppimisen tasoa. Jos tietotekniikkaa taas käytettiin artikkelin kuvaamassa tapauksessa siinä roolissa, että opettaja saisi sen avulla informaatiota opiskelijoiden oppimisprosessista, on artikkeli luokiteltu tietoa keräävän roolin alle. Tällaisia töitä ei tästä aineistosta löytynyt lainkaan, mikä osaksi johtuu siitä, että jo artikkeleiden karsintavaiheessa jätettiin pois ne tutkimukset, joissa tietotekninen tuki koostui ainoastaan diagnostisesta testauksesta. Niinpä ainoiksi Lafuenteen ja kollegoiden tuloksiin pohjaaviksi luokiksi jäivät ”oppimista tukeva rooli” ja ”sekä oppimista tukeva että tietoa keräävä rooli”. Tutkimukset on myös jaoteltu tämän työn aiempaa teoriapohjaa mukaillen sulautuneen opetuksen ja verkko-opetuksen piiriin.

Yksi tutkimus (4) jätettiin jaottelusta pois, sillä se käsitteli opetusteknologiaa, jonka soveltuvuutta käsiteltiin kaikkien taulukon 3 kentän neljän osion näkökulmasta. Yksi tutkimus (19) luokiteltiin myös kahteen eri kenttään; tämä on erotettu tähtimerkinnällä.

Jaottelussa jokainen tutkimus sisälsi siis tietoteknisen tuen aktiivista käyttämistä niin, että sen tarkoituksena oli suoraan vaikuttaa opiskelijan oppimistulosten paranemiseen. Halusin vielä kuitenkin selvittää, millaisia mate-

	Oppimista tukeva rooli	Sekä oppimista tukeva että tietoa keräävä rooli
Sulautunut opetus	1, 6, 7, 8, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 24, 29, 30	2, 3, 5, 10, 11, 19*, 22, 26, 28
Verkko-opetus	12, 13	9, 19*, 20, 23, 25, 27

Taulukko 3: *Tietotekninen tuki jaoteltuna erilaisiin rooleihin oppimisympäristön ja tuen roolin mukaan.*

riaaleja tuki tähän tehtävään tarjosi. Lähestyin siis aineistoa vielä affordanssiteorian näkökulmasta (Ilomäki 2012, 10 - 11). Ryhmittelin tutkimusaineistoa Paavolan ja Hakkaraisen esittelemiin pedagogisiin metaforiin sen mukaan, edustiko tutkimuksessa esitelty tietotekniikan avulla toteutettu matematiikan tuki hankinta-, osallistumis- vai tiedonluontimetaforaa (Paavola & Hakkarainen 2005, 539). Tukena käytin Paavolan ja Hakkaraisen artikkelissa esiteltyjä hahmotelmia eri metaforista. Niiden nojalla tutkimus luokiteltiin hankintametaforaa edustavaksi, jos siinä esitelty tuki alleviivasi yksilöllistä oppimista. Osallistumismetaforaan luokittelu edellytti jaetun kognition ja osallistuvan oppimisen liittämistä tukiprosessiin. Oppimateriaalin oma tuottaminen ja keksimiseen innostava toiminta oli kriteerinä tiedonluonnin metaforaa edustavalle tutkimukselle. Tulokset on koottu taulukkoon 4. Tähtimerkinnällä on merkitty ne tutkimukset, jotka ilmensivät kuvailemassaan tutkimuodossa useaa eri oppimisen metaforaa. Taulukkoon on koottu myös esimerkkejä siitä, miten metafora on käytännössä ilmennyt teknologian käytönä tutkimuksissa.

Vaikka esitellyt jaot ovat tarkimmillaankin vain kuvauksia tutkimusaineistosta, voidaan niiden perusteella hahmotella rajoja teknologialle asetetulle roolille matematiikan tuessa. Suurimmassa osassa tutkimuksia tuki toteutettiin sulautuneessa oppimisympäristössä hankintametaforaan perustuen. Etenkin verkko-opetuksessa annettiin teknologialle tässä aineistossa vastuullinen rooli niin oppimista suoraan tukevan kuin tietoakin keräävän roolin muodossa. Tuloksista käy ilmi, että oppimisen metaforat tietotekniisten, pedagogisten ratkaisujen suhteen eivät tässä aineistossa ole erottelua aiheuttava jaottelu. Selvästi suurin osa aineiston tutkimuksista käyttää tietotekniikkaa opetuksen tukena niin, että sen rooliksi jää välittää oppiminen yksilölle, oli käytetty pedagoginen viitekehys sitten mikä tahansa.

Metafora	Tutkimukset	Esimerkkejä käytetystä teknologiasta
Hankintametafora	2*, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20*, 22, 23*, 24, 25, 26, 27, 28, 29*, 30	Siltakurssi verkkokurssina, Maple TA, älykynä, Blackboard, laskin, Flash-tehtävät, STACK-tehtävät
Osallistumismetafora	1, 2*, 13, 20*, 21, 23*, 29*	Facebook-ryhmä, verkkotutorointi, keskustelupalsta
Tiedonluontimetafora	16	Ongelmanratkaisuun perustuva opetusvideon laatiminen

Taulukko 4: *Tietotekninen tuki jaoteltuna oppimisen metaforien suhteen.*

Teknologian opetuskäytön vaikutus oppimistuloksiin

Kolmannessa analyysissä tarkasteltiin ensin tutkimusaineistoa pintapuolisesti. On huomattavaa, että tarkastelen tässä osassa nimenomaan tutkimuksissa esiteltyä tietotekniikan avulla toteutettua tukea – sulautetuissa oppimisympäristöissä tukea on voitu järjestää monin muinkin keinoin, eikä näitä ole tässä osiossa eritelty. Tuen vaikutuksen suuruutta tarkastellaan tutkimuksissa hyvin erilaisilla tavoilla. Kvantitatiivisin mittauksin on mitattu esimerkiksi Facebook-ryhmäaktiivisuuden yhteyttä oppimistuloksiin (1) sekä tietokonepohjaisten tehtävien yhteyttä konseptuaalisiin matematiikan taitoihin (10). Usein oppimista kuvattiin diagnostisen testin ja lopputestin avulla. Kvalitatiivisista menetelmistä yleisin tässä aineistossa oli haastattelu, mutta myös kyselytutkimusta käytettiin usein.

Tietoteknisen tuen vaikutusta kuvattiin aineistossa kauttaaltaan hyväksi. Sen kuvattiin esimerkiksi hyödyttävän parhaiten nimenomaan heikosti suoriutuvien opiskelijoiden matematiikan oppimista (5). Tietokonepohjaisten tehtävien todettiin myös korreloivan loppukokeessa menestymisen kanssa paremmin kuin laskuharjoitustilaisuuksien (26). Kahdessa tutkimuksessa korostettiin tietoteknisen tuen yhteyttä juuri käsitteellisen tiedon muodos-

tumisessa (7, 10). Tukimuotoa suunniteltaessa opiskelijoiden osallistaminen prosessiin nähtiin tärkeänä (20).

Osassa aineistoa tietotekniikan avulla toteutettu tuki ei ole aiheuttanut merkittäviä oppimistulosten paranemisia tai vaikutus on arvioitu pieneksi (tai ei tilastollisesti merkittäväksi). Taulukossa 5 on koottuna tällaisia tutkimuksia sekä syitä, joita tähän on nähty vaikuttavan. Syyt on mainittu tutkimuksissa erikseen; taulukkoon ei ole koottu niitä artikkeleita, joissa oppimistuloksiin vaikuttamista ei ylipäätään tutkittu. Se, miten taulukon 5 artikkeleissa on tuen vaikutusta mitattu, vaihtelee paljon. Vaikutuksen heikkous on voitu todeta esimerkiksi haastatteluin (13) tai laskien osallistumismääriä verkko-opetukseen (19). Koska mittausvälineistöt vaihtelevat, tyydyn tässäkin analyysissä kuvailemaan otteeseen.

id	Miksi tuki ei vaikuttanut oppimistuloksiin halutulla tavalla?
1	Selkeän ajankäyttösuunnitelman puute. Diagnostinen testaus antoi myös liian vähän esitietoa opiskelijoista.
8	Tietokoneperustaiset tehtävät olivat liian haastavia niille, jotka olisivat tarvinneet eniten oppimisen tukea.
11	Kielimuuri saattoi heikentää osaa tuloksista, sillä tietokoneperustaisia tehtäviä ei ehditty kääntää kaikille yliopistossa käytetyille kielille.
13	Opiskelijat kokivat verkkomentoroinnin riittämättömäksi ja halusivat tavalta mentorinsa kasvatustensa.
17	Verkkomateriaali ei ollut aina siirreltävässä suoraan eri yliopistojen välillä.
19	Tekniset vaikeudet vähensivät materiaalin käyttöastetta.

Taulukko 5: *Syitä tietotekniikan avulla toteutetun tuen heikkoon vaikutukseen oppimistuloksien kannalta.*

Analyysissä löydettiin myös joukko tutkimuksia, joissa tuen vaikutus oppimiseen oli merkittävää, mutta jatkoa varten tietotekniikan käytölle suositeltiin silti parannusehdotuksia. Tietokoneperustaisten tehtävien todettiin esimerkiksi haastatteluin olevan liian helppoja loppukokeeseen nähden (3). Lisäksi yhdessä tutkimuksessa (22) todettiin, että tuki aktivoi erityisesti jo ennestään hyvin menestyviä opiskelijoita, joskin myös heikosti menestyvien oppimistulokset paranivat.

Tässä aineistossa pelkästään verkkomateriaalina toteutetut tukimuodot aiheuttivat ainoastaan positiivisia vaikutuksia oppimistuloksiin, kun taas sulautuneen oppimisympäristön tietotekniset toteutukset johtivat heikkoihin

tuloksiin. On merkille pantavaa, että taulukon 5 jokainen tutkimus on toteutettu sulautuneessa oppimisympäristössä. Yhdessä tutkimuksessa (16) heikosti suoriutuneet opiskelijat myös toivoivat nimenomaan verkkomateriaalia oppimisen tueksi, kun taas jo valmiiksi hyvin menestyvät toivoivat sulautuneita oppimisympäristöjä.

Lopulta halusin vielä analysoida aineiston ulkopuolisen vaikuttavuusteorian avulla. Kuten todettu, oli tutkimusaineisto tutkimusmetodeiltaan kirjavaa. Tämän vuoksi jaottelin aineiston Brantsin ja Struyvenin tietoteknisen tuen onnistumisen faktorien (Brants & Struyven 2009) mukaisesti. Taulukon 6 on koottu jokaisen faktorin alle ne tutkimukset, joissa tämä piirre ilmeni. Alkuperäisen jaottelun ensimmäinen faktori, tukipalvelut, on jätetty tästä luokittelusta pois; koska kirjallisuuskatsaukseen valittiin vain tukea tarjoavia tietoteknisiä toteutuksia, ilmeni tämä piirre jokaisessa tutkimuksessa eikä näin ollen erotellut aineistoa. Jos artikkelissa ei kuvattu konkreettista jo toteutettua tukikeinoja, on se luokiteltu siinä esiteltyjen teoreettisten piirteiden mukaisesti. Jaottelussa hyödynnän Brantsin ja Struyvenin artikkelissa esiteltyjä kuvauksia kustakin faktorista.

Strukturoitu opetussuunnitelma	Henkilökunnan koulutus	Monipuoliset tukimuodot	Konkreettiset sovellukset
2, 3, 10, 11, 13, 16, 20, 22, 29	7, 11, 20, 27	2, 5, 15, 16, 19, 20, 23, 25, 26, 29	5, 7, 20

Taulukko 6: *Tutkimukset jaoteltuna Brantsin ja Struyvenin löytämien onnistumisen faktorien mukaisesti.*

Huomataan, että erityisesti henkilökunnan koulutus tietoteknisen tuen opetuskäyttöön sekä konkreettiset sovellukset osana tukea olivat faktoreita, joita esiintyi vain hyvin harvassa tutkimuksessa. Kaikkia onnistuneen tietoteknisen tuen faktoreita löytyi vain yhdestä tutkimuksesta (20), jossa siinäkin tosin hahmotellaan tukimuotoa eikä tarkastella jo toteutettua interventiota.

6.5 Johtopäätökset

Kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltiin tutkimusaineistoa niin pedagogisen viitekehyksen, tietotekniikan roolin kuin tietoteknisen tuen vaikutuksenkin nä-

kökulmasta. Löytämieni tuloksien pohjalta on tarkoitus hahmotella korkea-koulutason matematiikan opetuksen kehityksen suuntaviivoja. Tämä on se konteksti, johon kirjallisuuskatsauksen tulokset ovat siirrettävissä. Tulokset asettuvat kahden tieteellisen diskurssin leikkauskohtaan; toisaalta tulokseni kommunikoivat matematiikan tukeen keskittyvää yliopisto-opetuksen kehitystä, ja toisaalta ne toimivat tietotekniikan avulla toteutettavien tukimuotojen piirissä.

Analyysin ensimmäisessä osassa huomattiin, että selvästi suurin osa aineiston artikkeleista käytti perusteltuna pedagogisena viitekehyksenään pragmatistista oppimiskuvaa tai nojasi tähän muuten vahvasti sitä erikseen nimeämättä. Tällainen näkemys sopii hyvin nimenomaan yliopistokontekstiin – matematiikan tukea tarvitsevien joukkona voidaan hahmottaa sitä joukkoa, joka hyötyy joustavista, tietotekniikkaan nojaavista opiskelumahdollisuuksista (Passila & Manninen 2011). Näin yliopistokontekstissa voidaan tarjota tukea, oli tuen tarvitsijana sitten dyskalkulian kanssa kamppaileva nuori tai perheellinen, työssäkäyvä aikuinen. Laajat matematiikan vaikeudet ovat kuitenkin erityisesti insinööriopinnoissa tunnustettu ilmiö (Parsons & Adams 2005; Kent & Noss 2003). Tulosten pohjalta ehdotetaan, että pedagogista viitekehystä olisi hyvä vähintäänkin pohtia tietoteknistä tukea suunniteltaessa.

Lin ja Man metatutkimuksen tuloksista poiketen tässä aineistossa konstruktivistinen pedagoginen lähestymistapa ei johtanut muista lähestymistavoista poikkeavaan positiiviseen oppimisvaikutukseen. Toisaalta monet konstruktivistisiksi luokitelluista artikkeleista edustivat myös pragmatistista lähestymistapaa; esimerkiksi konstruktivistisesti koottuja tehtäviä tarjottiin avuksi, jotta opiskelijat valmistuisivat nopeammin. Pedagoginen viitekehys ei jaotellut aineistoa aineistoa yksiselitteisesti. Erityisesti sosiaalisen ja kulttuurisen viitekehyksen tukimuodot johtivat tässä aineistossa merkittäviin oppimistuloksiin.

Tietotekniikan roolia kartoitettaessa tukeuduttiin vahvasti Lafuenteen ja kollegoiden näkemykseen siitä, että kyseisen roolin on onnistuneessa tukimuodossa oltava sopiva ja etenkin tarpeeksi rohkea (Lafuente et al. 2014). Taulukosta 3 huomataan, että noin puolissa tutkimuksista tietoteknistä tukea käytettiin sekä oppimista tukevassa että tietoa keräävässä roolissa. Toisaalta taulukosta 4 nähdään, että selvästi suurin osa tutkimuksista keskittyi ma-

tematiikan tuen tarjoamiseen hankintametaforaan (Paavola & Hakkarainen 2005, 539) nojaten. Voidaankin varovasti hahmotella tässä aineistossa keskimääräinen matematiikan tuki sellaiseksi, että se tapahtuu sulautuneessa oppimisympäristössä siten, että opiskelijoiden oppimistuloksia pyritään parantamaan yksilöllisesti. Affordanssien näkökulmasta (Ilomäki 2012, 10 - 11) voidaan katsoa, että tässä aineistossa tietotekniikalla koettiin olevan aineksia tarjota laadukasta matematiikan tukea myös osallistumis- ja tiedonluontimetodien näkökulmista. Tällöin tietotekniikkaa käytettiin Goosia mukaillen kumppanin roolissa (Goos 2010, 69).

Siinä missä Li ja Ma katsoivat sulautuneen opetusympäristön teknologian vaikutuksen oppimiseen suuremmaksi kuin verkko-opetusympäristön vastaavan, oli tässä katsauksessa tilanne päinvastainen. Toki tulos perustuu laadullisiin jaotteluihin eikä esimerkiksi tilastollisiin testeihin, mutta trendiksi nousi aineistossa, ettei pelkkään verkko-opetukseen keskittyneissä interventioissa raportoitu kuin positiivisia vaikutuksia oppimistuloksiin. Tämä voi johtua siitä, ettei sulautunutta oppimisympäristöä ole käytetty sen täyden potentiaalinsa mukaan (Graham 2006). Gau esittää suunnittelutyön avulla voitavan parantaa jopa oppimisen kognitiivista tasoa sulautuneessa oppimisympäristössä (Gau 2011) – tässä analyysissä tämä ajatus linkittyy juuri affordansseihin ja mielekkäästi valittuun tietotekniikan rooliin. Niinpä Lin ja Man tutkimustulos sulautuneen oppimisympäristön vahvuudesta linkittyy juuri alemmille kouluasteille. Vain verkko-opetuksena järjestettävällä opetuksella on juuri yliopistokontekstissa suurta potentiaalia, joka voidaan oikeanlaisen roolin avulla valjastaa oppimistuloksiksi. Tämän katsauksen aineiston perusteella näyttää siltä, että yliopistokontekstissa sulautetun oppimisympäristön tietokoneella toteutettava osa voisi saada huonosti suunnitellun roolin herkemmin kuin alemmilla kouluasteilla tapahtuva vastaava sulautettu opetus.

Tietoteknisen tuen vaikuttavuutta tarkasteltiin analyysissä Brantsin ja Struyvenin teorian faktorien (Brants & Struyven 2009) perusteella. Vain yksi tutkimus ilmensi jokaista faktoria – tämä johtuneee siitä, että kyseisessä tutkimuksessa osallistettiin tuen suunnittelussa yhtä lailla henkilökuntaa kuin opiskelijoitakin. Henkilökunnan koulutusta tietotekniikan käyttöön ja konkreettisia sovelluksia opetuksessa käytettiin tämän aineiston tukimuodoissa vähän. Esitän tulosten pohjalta, että näiden onnistumisen faktorien tarpeelli-

suutta olisi syytä pohtia tarkemmin tukea suunniteltaessa. Näin noudatettaisiin tietotekniikan mielekkään roolin avulla parhaimmillaan holistisen tuen mallia (Croft et al. 2009), jossa pedagogiikka ohjaisi tuen muotoutumista, vaikka tuen tarpeen tausta olisikin puhtaasti pragmatistinen.

Analyysi antaa viitteitä viimeisen Lin ja Man tulosten pohjalta esitetyn hypoteesin paikkansa pitävyydestä; tietotekninen tuki auttoi monessa tutkimuksessa juuri heikoimpien oppijoiden oppimista. Toki tuki oli usein tällaisille ryhmille kohdistettukin, toisin kuin Lin ja Man tutkimuksessa. Heikkojen oppijoiden koettiin hyötyvän erityisesti tuen jatkuvasta saatavuudesta, mikä voidaan verkkomateriaalin avulla varmistaa. Taulukossa 5 esiteltiin syitä sille, miksei tietyissä tutkimuksissa haluttuihin oppimistuloksiin päästy. Monet näistä syistä koskettivat juuri heikoimpia oppijoita, joten tutkielmani empiirisessä osassa kiinnitän niihin huomiota.

Tuloksien pohjalta asetettuja hypoteeseja heijastellen voidaan varovasti ehdottaa, että matematiikan tuen on jo pedagogisilta lähtökohdiltaan järkevää erota alempien kouluasteiden matematiikan tuesta. Toisaalta tämä on ymmärrettävää; suuret massakurssit eivät mahdollista esimerkiksi yksilöllistä tukiopetusta. Monet onnistuneen tietoteknisen matematiikan elementit koskettavat kuitenkin varmasti kaikenlaista opetusta. Monipuolisuudesta ja selkeästä struktuurista on varmasti hyötyä jokaiselle tukea tarvitsevalle iästä ja kouluasteesta riippumatta. Kurssin tukea suunniteltaessa on tärkeää hahmotella myös oppimisen merkitys. Matematiikan oppimisessa korostuu usein konstruktivistinen oppimiskäsitys, mutta korkeakoulukurssin oppimistavoitteeksi saattaa valikoitua myös tietyn matemaattisen metodin mekaaninen toistaminen.

Tutkimusaineiston pohjalta ehdotetaan, että jos tietotekniikan avulla toteutetun tuen avulla haetaan vaikuttavia tuloksia, niin tälle tietotekniikalle on annettava sen mukainen rooli. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tekniikan avulla voitaisiin toteuttaa myös osallistumis- ja tiedonluontimetaphorien (Ilomäki 2012, 10 - 11) mukaista opetusta. Tukea suunniteltaessa on hyvä tunnistaa se pedagoginen viitekehys, jonka pohjalta tukea tarjotaan. Artikkelit olivat erilaisilta yliopistokoulutuksen aloilta sisältäen esimerkiksi erilaisia insinöörikoulutuksia ja life sciences -koulutuksen. Niinpä siirrettiessä tämän kirjallisuuskatsauksen tuloksia käytännön yliopistomatematiik-

kan kehitykseen on muistettava kontekstoida oma opetus siihen ympäristöön, missä se tehdään. Onko esimerkiksi konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteella järjestetty matematiikan tukimuoto tarpeellinen juuri life sciences -koulutuksen suhteen? Entä onko tämä valittu pedagoginen viitekehys linjassa teknologialle asetetun roolin kanssa? Työni toisessa osassa paneudutaan näihin kysymyksiin insinöörikoulutuksen yhteydessä.

6.6 Kirjallisuuskatsauksen arviointia

Kirjallisuuskatsaus pyrittiin toteuttamaan tiukasti metodologiakirjallisuuden pohjalta. Aineiston keräämisen aikana seurasin Lin ja Man metatutkimuksen (Li & Ma 2010) vaiheita. Erityisesti kiinnitin huomiota analyysin jälkeiseen synteisiin (Salminen 2011, 10) liittäessäni aineistostani nousseet tutkimustulokset osaksi aiemmin käsittelemääni teoriakenttää.

Analyysi suoritettiin systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tradition mukaisesti. Tukeuduin laadullisiin jaotteluihin ja ryhmittelyin aineistoni heterogeenisyyden vuoksi. Suoritin ensin kaikki jaottelut kahteen kertaan, ja tämän jälkeen toistin prosessin pidemmän ajanjakson jälkeen. Tällä pyrin toteuttamaan Petticrewn näkemystä siitä, että systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tukena tulisi käyttää asiantuntijalausuntoja (Petticrew 2001, 100). Pro gradu -tasoisessa työssäni tarkastin itse oman analyysini vaiheet, mutta laajemmassa työssä asiantuntijan arviointi olisi paikallaan. Jaotteluissa turvauduttiin eri artikkeleista löytyviin kuvailuihin eri faktorien sisällöistä (esimerkiksi Brants & Struyven 2009) mahdollisimman tarkasti.

Aineistoon kuului useita tutkimuksia, joissa tietoteknistä tukea kuvattiin vain pintapuolisesti. Olen kuitenkin itse nojautunut analyysissäni vain artikkeleista saatuihin tietoihin. Voi olla, että esimerkiksi henkilökunnan koulutusta on järjestetty tietoteknistä tukea varten, mutta tätä ei ole lyhyessä tuesta laaditussa artikkelissa mainittu. Myös esimerkiksi tiukan pragmatistinen ote tukeen on voinut johtaa vaikkapa hyvinkin konstruktivististen sähköisten tehtävien laatimiseen, mutta tutkimusartikkelissa nämä tehtävät on nimetty vain ”sähköisiksi tehtäviksi”. Tällaiset seikat huomioon ottaen on syytä muistaa, etteivät työssäni tehdyt luokitukset välttämättä ole kuin suuntaa antavia. Tämän vuoksi en yleistä tuloksiani, vaan puhun tuloksista

vahvasti vain tämän aineiston sisällä. Yleistettävyyttä pyrin kuitenkin parantamaan valitsemalla valintaprosessissa erilaisia tutkimuksia ympäri maailmaa. Toisaalta artikkelien määrä oli englanninkielisten artikkelien heikkoon löytymiseen nähden suuri. Tilastollisten menetelmien puuttuessa analyysistä puhun yleistettävyyden sijaan ennemminkin siirrettävyydestä; niinpä pyrin työni toisessa osassa tarkastelemaan tapaustutkimuksen keinoin erään kurssin opetuksen kehitystä niin, että käytän tämän analyysin teoriapohjana tätä kirjallisuuskatsausta.

Osa II

Matriisilaskennan kurssin tukea kehittämässä

Tutkimuksen toisen, empiirisen osan tarkoituksena on soveltaa kirjallisuuskatsauksessa kokoamaani teoriapohjaa Aalto-yliopiston erään matematiikan kurssin opetukseen. Työskentelin kesällä 2016 tutkimusavustajana matematiikan ja systeemianalyysin laitoksella Aalto-yliopistossa ja aloin suunnitella mahdollisimman tarkoituksenmukaista oppimisen tukimuotoa tietoteknisen toteutuksen avulla. Tämä antoi kimmokkeen tutkia aihetta kirjallisuuskatsauksen keinoin; halusin kuitenkin ehdottomasti soveltaa tuloksia myös käytäntöön. Kohteeksi valikoitui keväällä 2017 Aalto-yliopistossa järjestettävä kurssi Matriisilaskenta, sillä tämä järjestetään samaan aikaan niin perinteisenä luentokurssina kuin MOOC-toteutuksenakin, mikä tarjoaa mielenkiintoisen asetelman tapaustutkimukselle. Kurssia luennoi työni ohjaaja Antti Rasila.

Tässä osassa pyritään tapaustutkimuksen keinoin tarkastelemaan kursilla tarjottua tietoteknistä tukea ja tarjoamaan ehdotuksia kyseisen kurssin tuen kehittämiseksi. Kuvailen ensin käyttämäni tutkimusmetodologiaa ja laadullisen aineistonkeruun sekä analyysin keinoja - pyrin laadullisen otteen avulla tarjoamaan syvän ja opiskelijalähtöisen luotauksen Matriisilaskentakurssin tukimuotoihin. Määrittelen aivan aluksi tutkimustehtäväni ja tutkimuskysymykseni, sillä nämä muovaavat koko empiirisen osani pohjan.

Erityinen mielenkiinto empiirisessä osassani kohdistuu tutkimuksen kulun raportointiin. Kirjallisuuskatsauksen yksi löydös osoitti esimerkiksi pedagogisen viitekehyksen ja varsinaisen intervention kuvailun usein hyvinkin puutteelliseksi jatkoanalyysin kannalta. Tarkan protokollan ja metodologiakirjallisuuden avulla pyritään käyttämään tapaustutkimuksen välineistöä jopa tulosten analyttiseen yleistämiseen (Yin 2013, 40 - 44).

7 Tapaustutkimuksen toteutus

7.1 Kontekstin esittelyä

Esittelen tässä lyhyesti kurssilla Matriisilaskenta (MS-A0002) käytössä olevat opetus- ja tukikeinot.

Kurssi kesti seitsemän viikkoa vuoden 2017 keväällä, ja sitä luennoi Antti Rasila. Kurssin luennot järjestettiin tiistaisin ja torstaisin kello 8.30 – 10. Joka viikko opiskelijoilla oli kahdenlaisia palautettavia tehtäviä, jotka eivät olleet pakollisia kurssin läpipääsyä ajatellen, mutta joista sai arvosanaa nostavia pisteitä. Joka viikko järjestettiin kuusi eri laskuharjoitusryhmää, joista opiskelija sai valita omiin aikatauluihinsa parhaiten sopivan. Näihin laskuharjoitustilaisuuksiin palautettiin loppuviikosta paperiset laskuharjoitustehtävät; nämä tehtävät pystyi myös lähettämään sähköisesti laskuharjoitusasistentille. Palautettavien laskuharjoitustehtävien lisäksi kurssilla tarjottiin alkuvuikoksi STACK-tehtäviä, joiden avulla pystyi myös saamaan lisäpisteitä. STACK-tehtävien pistemäärä aleni 10 % jokaisesta vastausyrityksestä, jotta opiskelijat syöttäisivät vastausehdotuksensa ajatuksella. Kurssin arvosanasta 40 % koostui harjoituksista ja 60 % kurssikokeesta. Kurssi on pakollinen matematiikan ja systeemianalyysin opiskelijoille, mutta myös hyvin monelle muulle kandidaattiohjelmalle; näin ollen kurssille osallistui merkittävä määrä sivuaineopiskelijoita. Huomattavaa on, että sama luennoitsija on järjestänyt kurssin samanlaisen pohjan avulla aikaisemminkin; kurssia on kehitetty opiskelijoilta kerätyn kurssipalautteen avulla. Kurssille oli ilmoitautunut 198 opiskelijaa. Näistä 132 osallistui kurssin tenttiin, ja tenttiin osallistuneista yhdeksän ei läpäissyt kurssia.

Kurssin normaalin luentorungon lisäksi opiskelijoille tarjotaan muutamia erilaisia tukikeinoja. Aalto-yliopistossa on tarjolla ohjausta laskutuvassa, joka on auki päivittäin. Tämän lisäksi tällä kurssilla tarjottiin kurssin sisältöjä tiivistäviä videoklippejä. Luennoilta laitettiin Moodle-kurssisivulle luentokalvot. Lisäksi kurssisivun kautta oli mahdollisuus osallistua keskustelupalstalle, jolla opiskelijat pystyivät kysymään luennoitsijalta apua laskuharjoitustehtäviin.

Lyhyesti voitaisiin luonnehtia, että kurssi edustaaluentokurssilaisten näkökulmasta sulautunutta opetusta. Tietotekniikan roolia tällä kurssilla voi-

taisiin Goosin sanoin luonnehtia sekä palvelijan (sähköinen tehtävien palautus) että kumppanin (keskustelupalsta) roolin avulla (Goos 2010, 69). Paavolan ja Hakkaraisen jaottelun mukaisesti voidaan todeta, että kurssin verkossa toteutettavat materiaalit toteuttavat tiedonhankinnan (STACK-tehtävät) ja toisaalta osallistumisen (keskustelupalsta) pedagogisia metaforia (Paavola & Hakkarainen 2005, 539). MOOC-kurssia suorittavat toteuttavat kurssin täysin verkossa, mikä antaa mielenkiintoisen vertailuasetelman tutkimuksen analyysiä varten.

7.2 Tutkimustehtävä ja tutkimuskysymykset

Tässä työn toisessa osassa tarkoituksena on sekä analysoida Matriisilaskenta-kurssilla tarjottavat tukimuodot kirjallisuuskatsauksen tulosten valossa, että selvittää, kuinka nämä tukimuodot on synkronoitu kurssin opiskelijoiden erilaisten tarpeiden kanssa. Tutkimuksen pääasiallisena tarkoituksena on löytää tälle kurssille sopivia tietoteknisen tuen sofistikoituneempia ja kohdistetumpia muotoja, jotka nojautuvat kirjallisuuskatsauksessa saatuun teoriapohjaan mutta myös tapaustutkimuksessa kartoitettuun kurssin yksilölliseen perustaan. Tämän pohjalta muotoutui tutkimusongelma, joka jaetaan työssäni kahteen alakohtaan. Tarkoitukseni on ensin selvittää kentältä nouseva tuen tarve, sekä tämän jälkeen analysoida tapoja, joilla tällä kurssilla on pyritty näihin tarpeisiin vastaamaan.

Tutkimusongelma:

Kuinka Aalto-yliopiston kurssin Matriisilaskenta tietotekniikan avulla tarjottavia tukikeinoja voitaisiin kehittää?

Tutkimuskysymykset:

1. Millaisia tuen tarpeen muotoja kurssien opiskelijoilla on?
2. Kuinka tarjotut tukimuodot kohtaavat opiskelijoiden tarpeet?

7.3 Tutkimusstrategia

Työn toinen osa edustaa mixed methods -tutkimusperinnettä, joka yhdistelee niin laadullisia kuin määrällisiäkin elementtejä. Tarkemmin tulisi puhua yhteiskäytöstä - tutkimuksessani käytän sekä laadullisen että määrällisen perinteen metodeja peräkkäin niin, että erotan esimerkiksi määrällisen ja laadullisen analyysin täysin toisistaan (Raunio 1999, 343). Työni pääpaino on kvalitatiivisessa tutkimusperinteessä, ja määrällisiä metodeja käytetään aluksi lähinnä aineistoon johdattelussa - niin aineistot kuin aineistonkeruumenetelmät kuvataan luvussa 7.5. Tilastollisen datan avulla pyritään integroimaan eri menetelmin saatua laadullista ja määrällistä dataa monimutkaisen ilmiön, eli tässä tapauksessa tuen tarpeen, hahmottamiseen (Rossman & Wilson 1985). Rossmanin ja Wilsonin mukaisesti tässä pyritään löytämään määrällisen datan avulla konvergenssi tämän ja laadullisen datan välillä – tätä monimutkaisempaan tilastodatan hyödyntämiseen ei tässä työssä pyritä, vaan pääpaino pidetään koko ajan laadullisen aineiston keräämisessä ja analysoimisessa. Tilastollinen aineisto kuitenkin kuvailee omalta osaltaan kurssin opiskelijoiden työskentelymuotoja sekä opittuja matemaattisen ymmärtämisen osa-alueita. Tutkimuksessani molempien menetelmien avulla vastataan samoihin tutkimuskysymyksiin, mutta kvalitatiivisen perinteen ylivoimalla - Raunio puhuu sellaisesta priorisoivasta metodien yhdistämisestä, jossa tilastollinen data tarjoaa lähinnä kontekstin, jota laadullinen data pääsee syventämään (Raunio 1999, 348 - 349).

Eskolan ja Suorannan mukaisesti mixed methods -lähestymistavan avulla pyritään ymmärtämään käsiteltävää ilmiötä monitahoisesti eikä suljeta pois uusien, kiinnostavien ja ennalta määrittelemättömien näkökulmien löytymistä (Eskola & Suoranta 1998, 71). Alasuutari esittää laadullisen otteen muuttavan jopa aineiston tarkastelukulmaa täysin. Siinä missä määrällinen, kvantitatiivinen tutkimus tuottaa datasta mittauspisteitä, voidaan laadullisen, kvalitatiivisen tutkimuksen avulla saada aineistoksi vain ”paloja mittattavasta maailmasta” (Alasuutari 1999, 87). Näitä paloja tullaan tässä työssä keräämään mahdollisimman paljon, kuten myöhemmästä aineistonkeruukappaleesta käy ilmi. Pysin monipuoliseen ilmiön tarkasteluun Eskolan esittelemien triangulaation eri lajien avulla; tutkimuksessani yhdistyvät niin

aineisto-, teoria- kuin menetelmätriangulaatiokin (Eskola & Suoranta 1998, 69 - 70). Työni ohjaajavalinnoilla pyrin saavuttamaan pienen osan myös tutkijatriangulaation käsitteen sisällöistä; ohjaajistani yksi on Aalto-yliopistosta ja kaksi Helsingin yliopistosta (matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta ja kasvatustieteellinen tiedekunta).

Suurin osa tämän työn aineistonkeruusta ja analyysistä edustaa laadullisen tutkimuksen perinnettä, jonka voidaan karkeimmillaan nähdä tarkoittavan ei-numeerisia menetelmiä aineiston ja analyysin kuvaamisessa (Eskola & Suoranta 1998, 86 - 94). Tässä suhteessa tehdään selkeä ero moniin yliopistotason tietoteknisen tukea käsitteleviin tutkimuksiin (suurin osa kirjallisuuskatsaukseni aineistosta, kuten esimerkiksi Hodges et al. 2014) - pyritään pitämään näkökulman teorialähtöisestä otteesta huolimatta aineistolähtöisenä. Tutkimusstrategiani valinta on siis tietoinen valinta syventää oppimisen ja tuen tarpeen käsitteistöä tutkimuskontekstissani.

7.4 Tutkimusasetelma

Työni toisen osan empiirinen osuus toteutetaan tapaustutkimuksen tradition mukaisesti. Tapaustutkimukseen liittyvää teoriapohjaa hahmotetaan Yinin mukaisesti ei niinkään tutkimusmetodina vaan tutkimusta ohjaavana asetelmana – tällaiset yhden tai useamman ”casen” tutkimukset jonkin tutkittavan kohteen ilmentymänä voidaan nähdä vastauksena tutkimuskysymyksiin kuten ”miksi” ja ”miten” (Yin 2013). Tapauksesta pyritään antamaan kattava ja kokonaisvaltainen kuva, jotta ymmärrys tutkittavasta kohteesta, joka on tutkimuksen aiheita pohtiessa koettu tärkeäksi, kasvaa (Laine et al. 2007).

Laine ja kollegat pitävät tärkeänä tutkimuksen tapauksen ja kohteen erottamista, joten ne erotetaan tässäkin työssä selkeästi. Tutkimuksen tapaus rajataan Matriisilaskenta-kurssilla tarjottavaan tietotekniseen matematiikan tukeen, mutta kohteeksi voidaan nähdä työn laajempi teema, tietotekniikan soveltuminen matematiikan tuen alustaksi yliopistokontekstissa. Vaikka tapaus itse ei olisikaan tutkimustuloksiltaan yleistettävä ja siten tieteellisen tutkimuksen kannalta relevantti, niin kohde sitä on (Häikiö & Niemenmaa 2007). Näin tapaustutkimusta voidaan määritellä prosessin dynamiikan tutkimukseksi, joka tässä tarkoittaa matematiikan tuen ja tuen tarpeen kohtaa-

misen mekanismien tarkastelua.

Laajan ja kattavan kuvan antamiseksi tutkimuksessa harjoitetaan niin teoria- kuin menetelmätriangulaatiotakin (Laine et al. 2007, 24 - 25); analysoin tutkimustuloksia (kuten kirjallisuuskatsauksessakin) eri tutkimustraditioiden näkökulmista ja sovellean aineiston keruussa myös määrällisiä menetelmiä. Näin mixed methods tutkimusstrategiana palvelee tapaustutkimuksen traditiota oivallisesti. Työssäni monimenetelmäisyys näkyy erityisesti aineistotriangulaationa (Eskola & Suoranta 1998, 69); aineistoni on laaja, ja lopeutin sen keräämisen Yinin mukaisesti silloin, kun koin saaneeni tarpeeksi dataa tutkimuskysymyksiin vastaamiseksi ja uskottavan ”todistusketjun” luomiseksi (Yin 2013, 127 - 128). Toisaalta aineistonkeruuta rajoitti myös pro gradu -tutkimuksen laajuus. Itse käytän aineistonkeruumetodina myös kyselytutkimusta; Yin korostaa, että tällöin sen tarjoaman määrällisen datan suhde laadulliseen dataan on aivan erityinen, sillä nyt ei pyritä yleistämiseen siinä mielessä mihin tilastolliset menetelmät yleensä pyrkivät (Yin 2013, 112). Työssäni tämä eri datajoukkojen keskinäinen voimajärjestys ilmenee erityisesti analyysivaiheessa.

Yin on hahmottanut tapaustutkimusten yleistettävyyttä analyyttisen yleistämisen käsitteen avulla (Yin 2013, 41 - 44): tapaustutkimuksen tehtävänä on kyseenalaistaa tai vahvistaa aiemmin koottua teoriapohjaa, joka tässä tutkimuksessa tarkoittaa työn kirjallisuuskatsausta, tai tuottaa siihen uutta käsitteistöä. Tutkimuksessa pyritään siis aitoon yleistettävyyteen eikä vain esi-merkinomaiseen analogiaan. Tapaukseni, Matriisilaskenta-kurssin tuen tarjonta, voidaan nähdä tyypillisenä tapauksena (Laine et al. 2007, 33) tarjotun matematiikan tuen suhteen, sillä esimerkiksi erillisiä interventioita kurssi ei sisällä. Työni tutkimusasetelma tähtää syvään ymmärrykseen yliopistomatematiikan tuen mekanismeista ja siitä, mitkä näistä mekanismeista soveltuvat tarkoituksenmukaisimmin tietotekniikan avulla toteutettavaksi. Laadullinen, poikkitieteellinen katsanta tähtää mahdollisesti uudenlaisten, tukea tarvitsevien opiskelijoiden äänen tavoittavien tukikeinojen ja käsitteiden muodostamiseen.

Erityisen tärkeänä tapaustutkimukselle ominaisena erityispiirteenä voidaankin pitää sen luonnetta antaa ääni myös niille marginaaliryhmille, jotka eivät yleensä pääse kuulluksi (Häikiö & Niemenmaa 2007). Tapaustutkimuk-

sen valinta tutkimusasetelmaksi heijastaa näin Crowtherin ajatusta heikosti opinnoissaan menestyvien kuulemisesta heitä koskevien asioiden päätöksissä (Crowther et al. 1997, 791 - 792).

7.5 Aineisto ja aineistonkeruumenetelmät

Koska tapaustutkimus pyrkii syvään tapauksen kuvaamiseen ja ymmärtämiseen, on aineistonkeruumenetelmien oltava laaja-alaisia (Creswell 2012, 123). Tässä työssä turvaudutaan erityisesti haastattelumetodiin, sillä perinteisistä tapaustutkimuksen metodeista (Yin 2013, 9) tämä on relevantein tutkimusongelmani kannalta. Tukeudun myös lomaketutkimuksen metodiin.

Kyselytutkimus

Tutkimuskysymyksiin 1 ja 2 kartoitetaan vastauksia kokemuksia kartoittavan, kuvailevan kyselytutkimuksen avulla (Lodico et al. 2010). Koska suunnitteluosan aikana ei löydetty vastaavanlaisia kyselylomakkeita aiemmasta kirjallisuudesta (paitsi arviointimenetelmien osalta), päätettiin sellainen toteuttaa prosessin aikana itse metodologiakirjallisuuden pohjalta. Kyselylomake (liite 2) on laadittu Lodicon ja kollegoiden (Lodico et al. 2010, 159 - 171) periaatteita noudattaen. Kyselylomakkeen kysymyspatteristo laadittiin työni teoriapohjaa mukaillen - lähtökohtana siis on, että tukimuotojen nähdään muodostuvan niin oppimisen tuesta kuin arviointimenetelmistäkin. Näiden kahden osa-alueen mukaan jaoinkin lomakkeeni. Lähestyin kyselytutkimuksen avulla holistisen tuen mallia (Croft et al. 2009) - en kysy erikseen tietokoneen avulla tuotettavista tukimuodoista, vaan tutkin aineistolähtöisen lähestymistavan mukaan myöhemmin, miten nämä nousevat esille aineistosta.

Kyselylomakkeen perustiedoissa kysyin iän, opiskeluvuoden, kurssin suoritustavan sekä oppilaitoksen ja pääaineen. Nämä kysyin mahdollisia jatkoanalyysyjä ajatellen; kirjallisuuskatsaukseni artikkeleissa mainittiin korkeakoulutuksen ”at risk”-ryhmiksi niin sivuaineopiskelijat (Luhan et al. 2013) kuin lukio- ja korkeakoulutuksen nivelvaiheen opiskelijatkin (Seiler et al. 2014), joten sivuaineopiskelijat ja ensimmäisen vuoden opiskelijat ajateltiin mahdollisesti kiinnostaviksi, erillisiksi ryhmiksi.

Oppimisen haasteet -osiossa kysyin ensin aineistolähtöisesti kaikista niistä asioista, mitkä ovat vaikeuttaneet opiskelijoiden oppimista Matriisilaskenta-kurssin aikana. Tällä korostan teoriapohjastani nousevaa subjektiivista ja pragmaattista tuen tarpeen määrittelyä (mm. Parsons & Adams 2005). Lisäksi kysyin Likert-asteikon avulla, kuinka hyvin osallistuja koki hallitsevansa erilaisia taitoja tällä kurssilla. 15 kohtaa koostuivat Kilpatrickin ja kollegoiden matematiikan tiedon osa-alueiden jaottelusta (Kilpatrick et al. 2001, 116) - jokaisesta viidestä osa-alueesta kysyttiin kolme kysymystä. Näin hahmoteltiin niitä osaamisen alueita, joiden suhteen opiskelijat olivat kokeneet saavuttaneensa tarvittavan sisällönhallinnan.

Muodostin jokaisen matematiikan osaamisen osa-alueen osalta summamuuttujat laskettuani näitä mittaavien kysymysten välisen reliabiliteettia mittaavan Cronbachin alfan α . Jokaiselle faktorille paitsi faktorille ”mielenkiinto” päti $\alpha > .7$, joten mittaria voitiin pitää reliabelina muiden faktorien osalta ja kyseisen mielenkiinto-faktorin suhteen varauksella (Cortina 1993). Lisäksi poistin ”en osaa sanoa”-vastaukset datasta, sillä ne olivat tutkimuskysymyksen kannalta epärelevantteja - näitä ei huomioitu myöskään tilastollisessa testaamisessa. Summamuuttujat muodostin seuraavalla tavalla: konseptuaalinen ymmärtäminen (kysymykset 1, 6 ja 15; $\alpha = .811$), proseduraaliset taidot (kysymykset 2, 7 ja 12; $\alpha = .766$), strategiset taidot (kysymykset 3, 9 ja 13; $\alpha = .769$), deduktiiviset taidot (kysymykset 4, 10 ja 14; $\alpha = .783$) ja mielenkiinto (kysymykset 5, 8 ja 11; $\alpha = .689$). Kysymykset ovat nähtävillä liitteessä 2.

Lisäsin kyselylomakkeeseen yhden osan kurssin työskentelytavoista. Kysyin ensin Likert-asteikon avulla, kuinka tärkeänä osallistuja piti tiettyä työskentelymuotoa oman oppimisensa kannalta tällä kurssilla. Osallistujan oli myös mahdollista merkitä, jos hän ei ollut käyttänyt työskentelymuotoa ollenkaan tämän kurssin aikana. Tämän kysymyksen hahmotin osana osallistujan tuen tarpeiden määrittelyä. Analysoin kirjallisuuskatsaukseni artikkeleista pedagogisen viitekehyksen; näin nämä samat viitekehykset erilaisten työskentelymetodien takana. Kysymykset ilmensivät niin pragmatistista, sosiaalista kuin konstruktivistista otetta työskentelytapoihin. Kysyin aineistolähtöisesti myös muiden oppimisen kannalta oleellisten työskentelytapojen tärkeydestä. Tämän koin tarpeelliseksi etenkin sitä ajatellen, että työni ta-

voitteena on kehittää tietokonepohjaisia oppimismateriaaleja hahmottelevia suuntaviivoja - jos tietty työskentelytapa koettaisiin aineistossa hyvin oleelliseksi, voitaisiin tietoa hyödyntää käytännön kehitystyössä.

Arviointimenetelmien osalta tutkimuskysymyksiin 1 ja 2 suomennettiin avoimet kysymykset Mummin ja kollegoiden haastattelupohjasta (Mumm et al. 2015, 24). Samoja kysymyksiä käytettiin myös opiskelijoille suunnatussa haastattelupohjassa, mutta kyselytutkimuksessa haluttiin tukeutua tähän samaan, aiemmin laadittuun mittariin. Kurssilla tarjottu tuki -osiossa selvitin avointen tekstikenttien avulla vastausta toiseen tutkimuskysymykseeni. Viimeinen kysymys, ”millaisia tukimuotoja olisit toivonut kurssille lisää oppimisesi kannalta”, käänsi katseen jo kohti käytännön kurssin kehitystyötä.

Kyselylomakkeella edistettiin menetelmätriangulaation keinoin mixed methods -lähestymistapaa, sillä sen avulla voidaan lähestyä tuen tarvetta myös kvantitatiivisesta tutkimustraditiosta käsin. Kyselylomakkeen edut ovat tätä tapaustutkimusta varten huomattavat - verkossa toteutettu kysely on pienen kynnyksen takana vastaajalle, ja menetelmä on todettu hyväksi myös anonymiteettiä vaativissa tutkimuksissa (Mertens 2014). Verkkolomaketta käyttäen kyselylomake saatiin helposti lähetettyä kurssin jokaiselle osallistujalle. Kyselytutkimukseen vastaajille luvattiin yksi laskuharjoituspiste kurssisuoritusta varten. Lomake yhdisti niin määrälliseen kuin laadulliseenkin tutkimustraditioon liittyviä kysymyksiä. Monivalintakysymyksissä käytettiin Likert-asteikkoa välillä 1 - 7, sillä tämän on todettu tuottavan reliabiliteetiltään tarkempaa dataa kuin viisiportaisen asteikon (Allen & Seaman 2007). Allenin ja Seamanin mukaan Likert-asteikon on syytä olla mahdollisimman suuri, mutta vastausvaihtoehtoja luonnosteltaessa huomattiin nopeasti, ettei yli seitsemän vaihtoehdon skaalaan ole tarvetta.

Kysymysten asetteluun ja selkeään kieleen on kiinnitetty erityisesti huomiota, ja esimerkiksi jokaisen mahdollisen vaihtoehdon löytyminen jokaisen kysymyksen kohdalta on varmistettu. Kyselylomake pilotoitiin Mertensiä mukaillen sellaisen populaation alla, joka ilmentää jollain tavalla myös oman tapaustutkimukseni osallistujia. Lomake pilotoitiin Helsingin yliopiston matematiikan ja tilastotieteen laitoksen pääaineopiskelijoilla ja muokattiin sen jälkeen parannusehdotusten mukaisesti. Tämän pilotoinnin myötä kehitettiin myös Lodicon ja kollegoiden (Lodico et al. 2010) periaatteiden mukaises-

ti saateteksti helpottamaan kyselyn keskeisten käsitteiden ymmärtämistä. Lomake lähetettiin Matriisilaskenta-kurssin opiskelijoille ennen kurssien loppumista, sillä kyselylomakkeen lähettäminen kiireisen ajan ulkopuolella on erityisen tärkeää (Mertens 2014). Kyselylomake toteutettiin Helsingin yliopiston E-lomakkeen avulla.

Kyselytutkimukseen vastasi 74 kurssin opiskelijaa, eli tenttiin osallistuneista opiskelijoista kyselyyn vastasi noin 56 %. Heistä kuusi suoritti kurssia MOOC-kurssina ja loput 68 luentokurssina. Kyselylomakkeella kysytyt perustiedot antoivat suuntaviivoja kurssin osallistujajoukolle; 77,0% osallistujista oli alle 21-vuotiaita ja vain 5,8% 28-vuotiaita tai vanhempia. 81,1% prosenttia osallistujista suoritti ensimmäistä opiskeluvuottaan nykyisessä opiskelupaikassaan, ja esimerkiksi kolmatta vuotta opiskelevia tai tätä kauemmin opiskelleita oli aineistossa vain seitsemän kappaletta.

Haastattelut

Siinä missä kyselylomakkeen avulla pyrin tavoittamaan suuren vastaajajoukon yleiskuvan luomiseksi, niin haastattelumetodin avulla pyrkimykseni on saada tapauksestani syvempää tietoa. Haastatteluin pyrin erityisesti syventämään kyselylomakkeen avointen kysymysten tarjoamaa dataa.

Haastattelupohjat (liite 3) laadittiin erikseen tapaustutkimuksen kentän eri toimijoille, joilla koettiin olevan näkemys tutkimusongelman ratkaisemisen kannalta: haastattelut suoritettiin kurssin luennoitsijalle, laskuharjoitusten ohjaajille ja opiskelijoille. Luennoitsijaa haastateltiin tutkimuskysymyksen 2 suhteen, kun taas laskuharjoitusten ohjaajia ja opiskelijoita haastateltiin tutkimuskysymysten 1 ja 2 selvittämiseksi. Erityisesti opiskelijoiden haastatteluja ohjasi kiinnostus siitä, löytyisikö tutkimuksessa saturaatiopiste, kyllästymisen hetki, jolloin haastattelujen lisääminen ei enää lisäisi tutkimusongelman ratkaisun kannalta oleellista tietoa (Eskola & Suoranta 1998).

Opiskelijoiden haastatteluissa kysyttiin samat perustiedot osallistujasta kuin kyselylomakkeessakin. Kuten kyselylomakkeeni pohja, myös eri haastattelupohjien muotoilu lähtee siitä teoriapohjani näkemyksestä, että tutkimusdoiksi voidaan nähdä sekä erilaiset oppimisen suorat tutkimusodot että arviointi. Oppimisen haasteet -osiossa selvitin opiskelijoiden tuen tarpeita lähtien laajemmasta kysymyksestä (kysymys 5, liite 3) siirtyen kohti fokusoidumpia

kysymyksiä muun muassa kurssin tietyistä sisällöistä. Tässä ensimmäisessä osiossa kartoitin yhden kysymyksen (10) voimin vastausta myös toiseen tutkimuskysymykseen.

Työskentelytavoista kysyin neljä kysymystä. Kahden ensimmäisen haastattelun aikana kysyin aineistolähtöisesti vain yhden kysymyksen siitä, millaisia työskentelytapoja opiskelija on käyttänyt kurssilla ja kuinka ne ovat auttaneet oppimista. Lisäsin näiden jälkeen tarkentavia kysymyksiä myös haastattelupohjaan. Nämä tarkentavat kysymykset (12 - 14) auttoivat hahmottamaan sitä, millaiset työskentelytavat opiskelijoiden mielestä palvelivat tämän kurssin oppimista; nämä kysymykset lisättiin käytännön tuen kehitystoimia ajatellen. Kysymys 12 ja 13 koittivat erityisesti pureutua pragmaattisen ja konstruktivistisen oppimisteorian mukaisiin työskentelytapoihin. Arviointimenetelmistä kysyin Mummin ja kollegoiden suomennetun haastattelupohjan avulla (Mumm et al. 2015). Lopuksi kysyin sekalaisen patteriston nime-nomaan verkossa tarjottavasta tuesta. Tämä osio muotoutui haastattelujen aikana laadullisen prosessin mukaisesti. Pyrin esimerkiksi kysymään tarkemmin juuri kurssilla käytetyistä STACK-tehtävistä sekä kuulemaan opiskelijoiden ääntä verkkomateriaalin kehityksen suunnasta.

Kurssiassistenttien haastattelupohja mukaili pitkälti opiskelijoiden pohjaa. Arvioinnista en kuitenkaan kysynyt, sillä en uskonut assistenteilla olevan suurta käsitystä tämän vaikutuksesta opiskelijoiden oppimisen tuen näkökulmasta. Työskentelytapojen suhteen kartoitin assistenteilta sitä, millaisia opetuksen muotoja heidän laskuharjoitustilaisuuksissaan oli käytetty. Verkossa tarjottavan tuen suhteen käsitin assistentit asiantuntijana omassa kontekstissaan; heidän äänensä haluttiin aidosti kuuluviin verkossa toteutettavan tuen kehitystyössä. Luennoitsijan haastattelua varten laadittu pohja oli huomattavasti lyhyempi, sillä haastattelutilanteen tiedettiin jo etukäteen olevan enemmän keskusteluun pohjaava kuin tutkijalle tuntemattomien opiskelijoiden kanssa käytävät haastattelut. Niinpä haastattelupohja sisältää lähinnä haastattelun suuntaviivoiksi kootut kysymykset.

Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina haastatteluina, joista kaikki muut paitsi kaksi järjestettiin yksilöhaastatteluina. Näiden luonnetta kuvaillaan metodologiaoppaissa kirjavasti; esimerkiksi Fylan näkee niiden sijoittuvan joka tapauksessa täysin strukturoitujen ja avointen haastattelujen

välille (Fylan 2005, 65 - 67), ja toisaalta niiden luonteen on nähty sopivan niille haastatteluille, joiden kaikkia näkökohtia ei ole lyöty aivan lukkoon (Hirsjärvi & Hurme 2008, 47). Puolistrukturoitu malli tarjoaa haastattelulle kehikon, joka nousee tutkimuksen laajasta teoriapohjasta. Haastateltavat voivat kuitenkin tarjota uusia näkökulmia ennalta laadittujen kysymysten ulkopuolelta, mikä tarjoaa sensitiivisen keskustelupohjan tunneherkälle teemalle. Oman tutkimukseni kontekstina ovat matematiikan oppimisen vaikeudet ja tuen tarve, mikä korostaa tunneherkän haastatteluilmapiirin luomista. Toisaalta täysin avoin haastattelupohja ei tule tutkimukseni kannalta kysymykseen, sillä itse haastattelupohjan luomisessa on käytetty valmiiksi luotuja pohjia sekä teorioita. Haastattelutilanteet pyrittiin Fylanin näkemyksen mukaisesti rakentamaan luonteviksi lyhyiden kysymysten ja rajattujen aihealueiden avulla.

Haastatteluja suoritettiin lopulta 13. Näihin osallistujista yhdeksän oli opiskelijoita (koodattu O1 - O9) ja kolme kurssiassistenttia (A1 - A3), ja lisäksi haastattelin kurssin luennoitsijaa. Opiskelijahaastateltavat hankin lähettämällä sähköpostia kaikille kurssin opiskelijoille ja lupaamalla osallistumisesta yhden laskuharjoituspisteen; tämä sähköposti on liitteenä 1. Kurssiassistentit tavoitin kurssin pääassistentin kautta. Kurssilla oli yhteensä viisi assistenttia, ja heistä kolme pääsi aikataulujensa puolesta haastateltavaksi. Haastattelut suoritettiin Otaniemessä matematiikan laitoksella osallistujien toiveen mukaisesti. Yksi haastattelu suoritettiin opiskelijan työpaikalla Helsingin Pitäjänmäessä. Lisäksi yksi haastattelu suoritettiin parihaastatteluna (O5 ja O6) osallistujien aikataulutuksen vuoksi, ja yksi suoritettiin puhelinhaastatteluna (O8) pitkän välimatkan vuoksi. Haastateltavat erosivat toisistaan paljonkin. Osallistujista löytyi niin juuri lukio-opintonsa lopettaneita sekä jo aikuisikään ehtineitä uudelleen kouluttautujia. Suurin osa opiskelijoista oli ensimmäisen vuoden opiskelijoita, mikä vastaa myös kyselylomakkeella saatujen vastaajien opintovuoden jakaumaa.

Haastatteluaineisto purettiin litteroimalla Transana-ohjelmistolla. Koska sisällönanalyysini kohdistuu nimenomaan haastattelujen sisältöön eikä niinkään kielelliseen diskurssiin tai vuorovaikutuksen elementteihin, litteroin haastattelut sanatarkasti mutta ilman erikoismerkkejä. Merkitsin kuitenkin ylös tärkeimmät vuorovaikutuksen rikkojat, kuten nauramisen tai erityisen

pitkät tauot. Aineisto litteroitiin aina samana päivänä jona se oli kerätty, jotta sen sisältö olisi paremmin mielessä. Litteroitu aineisto oli noin satasivuinen, ja tämä analysoitiin käsin värikynien avulla.

7.6 Aineiston analyysimenetelmät

Laadulliset menetelmät

Analysoin sekä haastatteluaineistoa että kyselylomakkeesta saatuja avovastauksia Milesin ja Hubermanin laadullisen sisällönanalyysin mallin keinoin niin, että vastauspoolina nähdään kaikkien osallistujien vastauksista koostuva yhteinen pooli (Miles & Huberman 1994). Apuna käytin Tuomen ja Sarajärven suomennettua pohjaa (Tuomi & Sarajärvi 2009, 108 - 113) ja erityisesti sen suomenkielisiä käsitteitä. Laadullisen sisällönanalyysin avulla halusin saada tutkimukseeni mahdollisimman aineistolähtöisen lähestymiskulman, jotta voisin aidosti tarkastella aineistosta nousevia tuen tarpeita sekä kuvauksia siitä, miten niihin on kurssin puolesta vastattu. Tällainen mahdollisimman aineistolähtöinen näkökulma alleviivaa sitä pragmaattista, teoriaosuudessa esiteltyä näkemystä, että korkeakoulussa tuen tarpeita voi olla opiskelijoilla hyvinkin laajalla skaalalla. Samaan aikaan pyrin kuitenkin luokittelemaan aineistoa lopulta kirjallisuuskatsauksen teoriapohjan mukaisesti. Analyysini otteesta voisi siis käyttää Tuomen ja Sarajärven käsitettä teoriaohjaavasta tulokulmasta (Tuomi & Sarajärvi 2009, 96 - 97). Tämä teoriaohjaavuus näkyy analyysini kaikissa vaiheissa. Voidaan puhua abduktiivisesta päättelystä; analyyseissäni aineistolähtöisyys ja valmiit mallit vuorottelevat tiuhaan ja omaksi työkseni jää muodostaa näistä mielekäs kokonaisuus (Tuomi & Sarajärvi 2009, 96 - 97). Tähän pyrin erityisesti avoimen raportoinnin avulla.

Sisällönanalyysi on jaettu Milesin ja Hubermanin mallin mukaan kolmeen vaiheeseen: redusointiin, klusterointiin ja abstrahointiin. Redusointivaiheessa pelkistin laajasta haastatteluaineistosta tutkimuskysymyksiin vastaavat kohdat merkitsemällä näistä ylös alkuperäistä lyhyemmän ja tiivistetymmän muodon. Tämän ensimmäisen vaiheen tärkeys korostui haastatteluaineiston parissa, sillä puolistrukturoidun haastattelumenetelmän vuoksi aineistoa oli paljon ja osa haastatteluista rönsyili paljonkin. Kyselylomakkeen avoimet vastaukset olivat verrattain lyhyitä, mutta redusoin myös nämä. Huomasin jo varhaisessa analyysivaiheessa lomakevastausten kumuloituvan, joten redusoiduista ilmaisuista muodostettiin frekvenssejä kuvaamaan niiden yleisyyttä aineistossa. Redusointia seurasi klusterointivaihe, jossa redusoidut analyysi-

siyksiköt luokiteltiin alaluokiksi ja tästä edelleen abstrahointivaiheessa pääluokiksi ja yhdistäviksi luokiksi. Laadullinen analyysi suoritettiin erikseen kysely- ja haastatteluaineistoille. Haastatteluaineistosta ainoastaan opiskelijoiden (O1 - O9) vastaukset analysoitiin Milesin ja Hubermanin sisällönanalyysin keinoin kurssiassistenttien ja luennoitsijan vastauksien ollessa sen verran lyhyitä, että ne oli mahdollista avata tarkemminkin.

Analyysiyksikkönä käytettiin sekä haastattelujen että kyselyn suhteen ajatuskokonaisuuksia, jotka muodostuivat joko yksittäisistä virkkeistä tai pidemmistä puheenvuoroista. Puolistrukturoidun haastatteluaineiston suhteen hieman pidempi analyysiyksikkö on aineiston rikkauden taltioinnin vuoksi tärkeä (Tuomi & Sarajärvi 2009, 110). Kyselylomakkeen vastauksissa analyysiyksiköt olivat odotetusti reilusti lyhyempiä, kun vastaajat eivät yleisesti perustelleet vastauksiaan yhtä tarkasti kuin haastattelutilanteissa. Sekä haastattelujen että kyselylomakkeen suhteen pyrin vastaamaan tutkimuskysymyksiin analyysiyksikköjen avulla mahdollisimman aineistolähteisesti - valitsin siis aineiston seasta kaikki ne yksiköt, jotka vähänkään liittyivät tutkimuskysymyksiin. Haastatteluaineistoa käytettiin kokonaisuudessaan poolina analyysiyksiköiden etsimiseen, mutta kyselytutkimuksesta sisällönanalyysin aineistona käytettiin vain kyselylomakkeen ensimmäistä avointa kysymystä.

Raskaan Milesin ja Hubermanin sisällönanalyysiprosessin lisäksi analysoin aineistoa myös Laineen mukaisesti kuvaillen, merkityskokonaisuuksia jäsentellen (Laine 2001). Pyrin siis luonnollisen kielen avulla kuvaamaan aineistosta nousseita merkityksiä ja vastauksia tutkimuskysymyksiin. Tarkoituksena on näissäkin analyyseissä päätyä nostamaan aineistosta merkitysten muodostamia kokonaisuuksia, joista lopuksi synteesissä luodaan yhteinen kokonaisuus teoriapohjaa heijastellen. Tällaisella kuvailevalla sisällönanalyysillä pyrin nostamaan aineistosta, johon olen paneutunut pitkään ja ajatuksella, niitä merkitysrakenteita, jotka eivät systemaattisemman sisällönanalyysin avulla nousisi pintaan. Tällaisia merkityksiä löytyi esimerkiksi yksittäisten opiskelijoiden vastausten välisistä ristiriidoista.

Milesin ja Hubermanin mallin mukaisessa analyysissä opiskelijoiden haastattelujen aineistoa käsiteltiin yhtenä poolina, sillä pyrin tällä luomaan jonkinlaista yleiskuvaa kurssin opiskelijoiden ajatuksista. Haastatteluja analysoidessani huomasin kuitenkin ensimmäisen tutkimuskysymyksen suhteen,

että yksittäisten opiskelijoiden vastaukset muodostivat myös sisällöltään rikkaita aineiston sisäisiä aineistoja; toisin luonnehtien voisi kuvata näiden vastausten muodostavan tapauksen sisäisiä tapauksia. Niinpä päädyin tyypittämään osallistujat (O1 - O9) Tuomen ja Sarajärven mukaisesti niin, että etsin aineistolähtöisesti näille opiskelijoille yhteisiä piirteitä ja ominaisuuksia ja muodostin siten kolme erilaista opiskelijatyyppeä koettujen tuen tarpeiden mukaan (Tuomi & Sarajärvi 2009, 93). Tällaista tyypittelyä pidän kuvailevan sisällönanalyysin keinona, sillä en käytä mitään valmista tyypittelypohjaa, vaan pidän prosessin mahdollisimman aineistolähtöisenä. Tyypittely on siis eräänlainen merkitysjaottelu (Laine 2001), sillä opiskelijoiden tyypittelyn taustalla ovat myös heidän itse antamansa merkitykset omille tuen tarpeen kokemuksilleen. Tyypittelyn metodia käytin myös toisen tutkimuskysymyksen suhteen analysoidessani opiskelijoiden kyselylomakevastauksia. Tällä pyrin lisäämään aineistolähtöisiä elementtejä kyselylomakkeen tutkimukseen; tyypittely itsessään nousi aineistosta ja tutkijan tulkinnoista, ei teoriapohjasta.

Määrälliset menetelmät

Tilastollinen analyysi ensimmäisen tutkimuskysymyksen suhteen on suoritettu SPSS-ohjelmistolla. Otokoko analyyseissä oli $N = 74$, mitä voidaan yleisesti ottaen pitää pienenä tilastollisten menetelmien suhteen, mutta tapaukstutkimukseni mittakaavassa tämä edusti yli 50 % kurssin osallistujista. Kyselylomakkeen lyhyt kvantitatiivinen osio on purettu laskemalla yleisimmät tilastolliset tunnusluvut aineistolle.

Kyselylomakkeen oppimisen haasteet -osion eri matematiikan osaamisen osa-alueista esiteltiin tämän aineiston suhteen vain yleisimmät tilastolliset tunnusluvut, eikä keskiarvojen välisiä suuruksia lähdetty enää selvittämään jatkoanalyysin. Tämä kuvasti määrällisen datan käyttöä kontekstin luojana (Raunio 1999, 343). Toisaalta luentokurssille ja MOOC-kurssille osallistuvien vertailu on niiden erilaisten otoskokojen ($N = 68$ ja $N = 6$) kannalta epämielikästä.

Tilastollinen testaus suoritettiin myös työskentelytapoja selvittäneen kyselylomakkeen kysymyksen suhteen. Koska summamuuttujia ei saatu muo-

dostettua jaottelemalla työskentelytapoja erilaisten pedagogisten viitekehysten suhteen (esimerkiksi ”konstruktivistiseen matematiikan oppimisteoriaan pohjautuvat työskentelytavat”), selvitettiin jokaisen vastauksen 1 - 11 suhteen niiden tilastolliset tunnusluvut. Tämän jälkeen haluttiin vielä testata, eroavatko vastaukset muiden opiskelijoiden ja niiden opiskelijoiden, jotka ovat ensimmäisessä kohdassa arvioineet omat matematiikan osaamisen taitonsa alhaisiksi, suhteen. Testasin alkuperäisen aineiston ($N = 74$) normaalisuuden ja totesin muuttujat normaalijakautuneiksi, joten varianssianalyysiä voitiin käyttää (Holopainen & Pulkkinen 2002) - jätän nämä testaukset kuitenkin työstäni pois sen laajuuden vuoksi. Aineisto oli pieni, mikä korostui siinä, etten pyrkinyt yleistämään tuloksiani esimerkiksi matematiikan yliopistokursseihin ylipäätään, vaan käsittelin tilastollista dataa nimenomaan tapaukseni sisällä.

Operationalisoin ”heikon arvioidun matematiikan osaamisen” opiskelijoiden omien kokemusten pohjalta kyselylomakkeen oppimisen haasteet -osion mukaisesti. Poistin ensin ”en osaa sanoa”-vastaukset kuten aiemmassa analyysissä ja laskin tämän jälkeen jokaiselle osallistujalle keskiarvon kaikista heidän koetun osaamisensa osa-alueista. Kaikkien opiskelijoiden ”koetun osaamisen keskiarvoksi” saatiin 4.39979. Valitsin omaksi ryhmäkseen 14 osallistujaa (V1, V2, V6, V15, V21, V30, V31, V32, V33, V40, V50, V55, V73, V74), joiden pistemäärän vastaava keskiarvo oli alle 3.5. Näistä alin itse arvioitu pistemäärä oli 2.2. Ryhmien kooilla ($N = 14$ ja $N = 60$) ei ole analyysin kannalta merkitystä (Holopainen & Pulkkinen 2002, 185).

7.7 Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys

Työni luotettavuuden ja eettisyyden näkökulmia pohdittaessa on muistettava sen monimenetelmäisyys; tarkastelenkin näitä teemoja niin tutkimusstrategian, tutkimusmenetelmien kuin analyysimenetelmienkin osalta. Erityisesti luotettavuuden tarkastelussa on kiinnitettävä huomiota työni teoriaohjaavaan otteeseen (Tuomi & Sarajärvi 2009, 96 - 97) – aineistolähtöiseen pyrkivät elementitkin pohjautuvat tapaustutkimuksessani vahvasti kirjallisuuskatsauksen (luku 6) sisältöihin. Tutkimussuunnitelmani on saanut hyväksynnän Aalto-yliopiston tutkimuseettisen lautakunnan käsittelyssä. Kantavana tee-

mana työni luotettavuuden tarkastelussa on oman osallisuuteni pohtiminen; tunnen tutkimuskentän, sillä toimin itse matematiikan ja tilastoanalyysin laitoksella tutkimusavustajana vuonna 2016.

Tutkimukseni luotettavuutta on ensinnäkin käsiteltävä tapaustutkimuksen tradition kautta. Kuten aiemmin todettu, pyrin tapaustutkimuksen keinoin vahvistamaan kirjallisuuskatsaukseni teoriapohjaa, joten yleistettävyyttä parempi termi työni suhteen on analyttinen yleistäminen (Yin 2013, 40 - 44). Opetuksen kehitys on työni keskiössä, joten objektiivisuuteen en pyri, vaan koen että työni lopulliset hedelmät mitataan käytännön opetusjärjestelyjen muutoksen suhteen. Tässä mukailen Yinin näkemystä merkittävyydestä tapaustutkimuksen onnistumisen mittarina (Yin 2013, 201). Tutkimuksellani on siis selvä eettinen pohja; opetuksen kehitys tuen näkökulmasta on mahdollista kytkeä jopa inklusiivisen yhteiskunnan ajatukseen siitä, että korkeakoulutuksen tulee olla avointa mahdollisimman monelle. Tutkimukseni tulokset ovat varauksella siirrettävissä korkeakoulujen ja erityisesti teknillisten yliopistojen matematiikan opetuksen kehitystyöhön. Merkittävyyden lisäksi pyrin läpi tutkimusprosessin tarkastelemaan työtäni Staken kokoaman tarkastuslistan avulla (Stake 1995, 131). Staken lista onnistuneen tapaustutkimuksen ominaisuuksista sisältää esimerkiksi raportin helpon luettavuuden periaatteen, mitä olen pyrkinyt toteuttamaan selkeiden väliotsikoiden, aineisto-esimerkkien sekä taulukoiden avulla. Yin näkee tapaustutkimuksen laadun mittarina myös monipuolisten erilaisten näkökulmien käytön (Yin 2013, 205 - 206) – käytin työssäni pro gradu -työhön nähden laajahkon määrän erilaista dataa, joten koen saavuttaneeni tämän tavoitteen.

Tapaustutkimuksen traditio syö työni anonymiteettiä (Yin 2013, 196 - 197). Yin muistuttaa, että anonymiteetin suoja on muistettava tapaustutkimuksessa myös yksittäisten ihmisten eikä vain koko tapauksen tasolla, mikä korostuu työssäni. Keväällä 2017 järjestetty Matriisilaskenta-kurssi on mahdollista paikantaa, ja tämän vuoksi esimerkiksi kurssin luennoitsijan nimeä ei työssä pyritä peittämään. Tähän on toki saatu luennoitsijalta lupa. Opiskelijoita ja kurssiassistentteja suojataan keräämällä heistä minim tiedot, eikä esimerkiksi tutkimusongelmien kannalta epärelevanttia sukupuolta ollut tutkimuksessa tarpeen kysyä. Kokonaan toisenlaiseksi vaihtoehdoksi Yin ehdottaa tapauksen korvaamista tekstissä toisella esimerkiksi pseudonyymillä

avulla (Yin 2013, 198). Tämän koin kuitenkin häivyttävän tutkimukselleni tärkeitä kontekstuaalisia seikkoja. Erityisesti anonymiteetti on syytä muistaa tutkimukseni kontekstin suhteen, sillä matematiikan oppimisen vaikeudet on henkilökohtainen ja mahdollisesti osallistujille vaikeasti lähestyttävä teema. Creswellin ehdotusta siitä, että aineisto ja siitä tehdyt tulkinnot tarkistutettaisiin osallistujilla, ei tämän pro gradu –työn puitteissa ollut mahdollista tehdä, mikä on selkeä työni luotettavuuden ja eettisyyden puute (Creswell 2012, 213). Toisaalta tästä tiedotettiin osallistujia.

Työni luotettavuutta ja eettisyyttä on syytä tarkastella myös sen mixed methods –tulokulman näkökulmasta. Metodologiani on Raunion (Raunio 1999, 346 - 349) termin priorisoitunutta siten, että laadullinen näkökulma korostuu ja määrälliset metodit toimivat lopulta lähinnä työni kontekstin luojina. Työni laadullinen osuus ei siis pyri kuvaamaan todellisuutta validiteetin ja reliabiliteetin käsittein (Tuomi & Sarajärvi 2009, 136 - 137). Sen sijaan panostan erityisesti tutkimusketjun auki kirjoittamiseen tukeutuen tarvittaessa aineistoesimerkkeihin. Aineistonkeruu- ja analyysimenetelmien tarkalla kuvauksella pyrin parantamaan tutkimukseni toistettavuutta (Tuomi & Sarajärvi 2009, 140). Pyrin luotettavaan laadulliseen otteeseen Eskolan ja Suorannan mukaisesti myöntämällä subjektiviteettini (Eskola & Suoranta 1998, 211) – koska oma kokemusmaailmani värittää ajatusmaailmaani, avaan tutkimusmenetelmälliset valintani mahdollisimman tarkasti. Subjektiviteetin avoimuutta valotan käyttämällä minä-muotoista tutkimusraporttia selkeänä retorisenä valintana. Työni laadullisten elementtien luotettavuutta voidaan mitata Eskolan ja Suorannan mukaan ulkoisen ja sisäisen validiteetin käsitteillä (Eskola & Suoranta 1998, 214); sisäistä validiteettia olen pyrkinyt parantamaan määrittelemällä tutkimuksessa käytetyt käsitteet tarkasti esimerkiksi kirjallisuuskatsaukseni (luku 6) keinoin, ja ulkoista validiteettia parannan tarkkaan tehtyjen analyysimenetelmien valinnan lisäksi sillä, että kolme ohjaajaani edustavat poikkitieteellistä kenttää ja voivat näin arvioida tulintojani hyvinkin erilaisista näkökulmista. Lyhyemmän määrällisen osuuteni reliabiliteettia olen pohtinut luvussa 7.5; mitattujen suureiden validiteettia taas parannan pohjaamalla kyselylomakkeella kysytyt käsitteet tiukasti teorian lisäksi kirjallisuuden tarjoamiin esimerkkeihin faktoreista; tällaisia olivat esimerkiksi Kilpatrickin ja kollegoiden tarkat kuvaukset matematiikan osaa-

misen osa-alueista (Kilpatrick et al. 2001, 116).

Tutkimusmenetelmien luotettavuutta pyrin parantamaan erityisesti tukeutumalla metodologiateoksiin – niin haastattelu- kuin kyselylomakepohjatkin on koottu tiukasti kirjallisuuden pohjalta. Eettiset kysymykset nousevat erityisesti esille haastattelutilanteideni kohdalla. Painotin haastattelutilanteiden aluksi, että tutkimus toteutetaan anonymiteetin suojin. Pyrin luomaan turvallisen haastattelu ympäristön toimimalla niin tutkijan kuin opiskelijan roolissa; uskon, että tutkimukseeni osallistuvien opiskelijoiden oli helppo puhua minulle matematiikan oppimisen vaikeuksistaan, sillä edustin itsekin opiskelijana helposti lähestyttävää tahoja. Sekä haastateltavien että kyselytutkimukseen osallistuvien valinnan suhteen voi todeta, että ylimääräisen osallistumisesta saatavan laskuharjoituspisteen voi nähdä aiheuttavan harhaa osallistujien valikoitumisessa. On mahdollista, että tutkimukseen osallistui lopulta vinoutuneesti opiskelijoita, jotka välttämättä tarvitsivat heikon suoriutumisen vuoksi lisäpisteitä saadakseen kurssista paremman arvosanan. Tämä korostui haastattelujen jälkeisten tilanteiden perusteella, sillä oma kokemukseni oli, että haastatteluun osallistuneet opiskelijat todella kaipasivat lisäpistettä ja halusivat nuo pisteet nopeasti saada. Mielenkiintoista olisi tarkastella, ketkä eivät osallistuneet kyselytutkimukseen tai haastatteluun; valitettavasti tällaiseen dataan en itse päässyt käsiksi. En siis esimerkiksi voi tarkastella, ovatko kyselytutkimukseen vastanneet opiskelijat ylipäättään läpäisseet kurssia.

Aivan erityisesti luotettavuuden tarkkailu liittyy työni analyysiosioon. Vaikka pyrinkin parantamaan luotettavuutta monimenetelmäisyyden keinoin eli käyttämällä niin menetelmä-, teoria- kuin aineistotriangulaation keinoja (Eskola & Suoranta 1998, 69 - 70), aiheuttaa tämä analyysin kannalta moninainen metodologia myös haasteena. Tutkijana vuorottelen analyysissä jatkuvasti aineisto- ja teorialähtöisen tulokulman välillä; erityisesti pyrin vaalimaan aineistolähtöistä analyysitapaa redusoidessani haastatteluaineiston analyysiyksiköitä, mutta tässäkin ajatuksiani ohjasi ennalta määritetty teoriapohja. Pyrin välttämään ylitulkintaa Staken ohjeistuksen mukaisesti (Stake 1995, 131) minkä koen lisäävän objektiivisuuttani. Oman ajatteluni reflektointi analyysivaiheessa oli korvaamaton osa omaa luotettavuuden tarkkailuani. Määrällisin menetelmien pyrin laajentamaan triangulaatiota enti-

sestään sekä tarjoamaan tilastollista tietoa kurssin opiskelijamassasta. Laadullisen työn ansiona voidaan nähdä ristiriitojen löytäminen aineistosta ja päätelmien tekeminen näiden pohjalta (Alasuutari 1999, 223 - 224). Tähän pyrin tyypittelemällä (Tuomi & Sarajärvi 2009, 93) haastatteluaineistoni ensimmäisen tutkimuskysymyksen suhteen.

8 Tutkimustulokset ja analyysi

8.1 Löydettyt tuen tarpeet

Kyselylomake

Kyselylomakkeen Oppimisen haasteet –osion kvantitatiivisella osiolla kartoitettiin itsearvioinnin keinoin opiskelijoiden eri matematiikan osa-alueiden (Kilpatrick et al. 2001, 116) hallintaa tällä kurssilla. Vastausvaihtoehdon ”en osaa sanoa” poistamisen jälkeen saadut tilastolliset tunnusluvut on koottu taulukkoon 7. Taulukkoon 7 on merkitty myös summamuuttujien keskiarvot ja keskihajonnat niin pelkästään luentokurssia suorittaville kuin MOOC-kurssin osallistujillekin.

	Min	Max	Keskiarvo	SD
Konseptuaalinen ymmärtäminen	2.33	6.00	4.40	1.08
Luentokurssi			4.42	1.07
MOOC			4.11	1.54
Proseduraaliset taidot	2.33	6.67	4.84	1.04
Luentokurssi			4.93	0.97
MOOC			4.00	1.33
Strategiset taidot	2.00	5.67	4.15	1.13
Luentokurssi			4.19	1.14
MOOC			3.83	1.11
Deduktiset taidot	2.00	6.33	4.19	1.12
Luentokurssi			4.29	1.11
MOOC			3.39	0.93
Mielenkiinto	1.67	6.33	4.35	1.16
Luentokurssi			4.35	1.11
MOOC			4.33	1.78

Taulukko 7: *Matematiikan osaamisen osa-alueiden summamuuttujat.*

Eri taitojen väliltä ei löytynyt merkittäviä keskiarvollisia eroja. Kuvailevasti voidaan todeta, että proseduraalisten taitojen suhteen opiskelijat arvioivat taitonsa hieman suuremmaksi kuin muiden taitojen suhteen. Alin keskiarvo kaikkien opiskelijoiden keskuudesta liittyi strategiaan taihoihin. Taulukosta 7 huomataan myös, että MOOC-kurssia suorittavat ovat järjestelmällisesti arvioineet omia taitojaan tällä kurssilla alemmas kuin kurssia luentokurssina suorittavat. Erityisesti deduktiiviset taidot -faktorin suhteen MOOC-kurssia suorittavat arvioivat taitonsa muita opiskelijoita pienemmäksi, vieläpä suh-

teellisen pienellä keskijakaumalla. Kyselytutkimuksen laadullisessa aineistossa mainittiin useasti todistamisen taidon puutteet, joten tämä deduktiivisten taitojen faktoriin kuuluva muuttuja tarkasteltiin vielä erikseen. Todistamisen taitojen suhteen koko kurssin keskiarvo oli 3.44 ($SD = 1.468$), luentokurssia suorittavien suhteen 3.57 ($SD = 1.464$) ja MOOC-kurssia suosittavien suhteen 2.17 ($SD = .753$).

Samankaltainen tilastollinen tarkastelu suoritettiin myös työskentelytapojen tärkeyttä mittaaville kysymyksille. Näistä ei muodostettu summamuuttujia, vaan yksittäisiä työskentelytapoja käsitellään tässä erikseen luentokurssille osallistuvien ja MOOC-kurssille osallistuvien suhteen. Tulokset on koottu taulukkoon 8. Minimi- ja maksimi-arvot on jätetty pois, sillä tarkastellaan yksittäisiä muuttujia; odotetusti minimi- ja maksimi-arvot olivat siis skaalan ensimmäinen ja viimeinen vaihtoehto.

MOOC-kurssia suorittavien kokema työskentelytapojen tärkeys oman oppimisen kannalta oli odotettavasti luentokurssia suorittavien opiskelijoiden arvioita pienempi sosiaalisia muuttujia tarkastellessa. Esimerkiksi kaveriporukan kesken opiskelu koettiin luentokurssia suorittavien keskuudessa verrattain hyvinkin tärkeäksi työskentelytavaksi tällä kurssilla, kun taas MOOC-kurssia suorittavat kokivat metodin lähes hyödyttömäksi. Helppojen perustehtävien harjoittelu oli molemmassa joukossa tärkeimmäksi koettu opiskelumuoto. Materiaalin ulkoa muistaminen ja tehtävätyyppien ulkoa harjoittelu koettiin molemmissa tarkasteltavissa joukoissa tärkeäksi työskentelytavaksi, mutta toisaalta niin myös esimerkiksi syvää ymmärrystä vaativien tehtävien tekeminen. Tuntemattomien ihmisten kanssa työskentelyä ei nähty kummasakaan joukossa lainkaan tärkeäksi työskentelytavaksi, vaikka periaatteessa esimerkiksi matematiikan laitoksen laskupaja tällaisen mahdollisuuden tarjoaa.

Lisäksi tilastollisena testauksena tarkasteltiin kuvailevasti, erosiko heikoimmin itsensä eri matematiikan osa-alueiden suhteen arvioineet opiskelijat muista opiskelijoista työskentelytapojen suhteen. Näitä kahta ryhmää testattiin keskenään varianssianalyysin keinoin. Tulokset on koottu taulukkoon 9.

Taulukosta 9 nähdään, että tilastollisesti merkittävä ero kahden ryhmän välillä löytyi kysymysten 5 ja 7 osalta. Voidaan siis tämän aineiston pohjalta

	Keskiarvo	SD
Kaveriporukan kesken opiskelu	4.99	2.89
Luentokurssi	5.24	2.82
MOOC	1.60	1.34
Helppojen perustehtävien harjoittelu	6.49	1.34
Luentokurssi	6.53	1.30
MOOC	6.00	1.87
Tehtävätyyppien ulkoa muistaminen tenttiä varten	4.52	2.12
Luentokurssi	4.51	2.16
MOOC	4.75	1.50
Ryhmäkeskustelut	3.39	2.37
Luentokurssi	3.46	2.40
MOOC	2.67	2.07
Syvää ymmärrystä vaativat tehtävät	5.02	1.90
Luentokurssi	5.07	1.86
MOOC	4.50	2.26
Konkreettisten esimerkkien itse tuottaminen	3.03	2.44
Luentokurssi	2.78	2.34
MOOC	5.50	2.07
Tehtävät, joita tehdessä voi itse tutkia ja oivaltaa	5.01	2.24
Luentokurssi	4.93	2.19
MOOC	5.83	2.79
Opitun materiaalin liittäminen muihin kursseihin	4.55	2.24
Luentokurssi	4.53	2.25
MOOC	4.83	2.32
Konkreettisten esimerkkien harjoittelu	3.64	2.72
Luentokurssi	3.49	2.68
MOOC	5.40	2.88
Opiskelu uusien, aiemmin tuntemattomien ihmisten kanssa	2.17	1.77
Luentokurssi	2.17	1.73
MOOC	2.25	2.50
Materiaalin ulkoa muistaminen	4.19	1.99
Luentokurssi	4.21	2.05
MOOC	4.00	1.23

Taulukko 8: *Koettu työskentelymetodin tärkeys tämän kurssin opiskelun kannalta.*

väittää, että heikommin matematiikan osaamisen osa-alueista raportoineet kokivat muita osallistujia alhaisemmaksi (keskiarvot ryhmissä 5.48 ja 3.17) syvää ymmärrystä vaativien tehtävien tärkeyden kurssin työskentelymuotona ($t = 4.466$, $df = 17.675$, $p = .000$) sekä oivaltamista että itse tutkimista painottavien tehtävien tärkeyden (keskiarvot ryhmissä 5.43 ja 3.43) kurssin työskentelymuotona ($t = 3.024$, $df = 19.208$, $p = .007$). Tuloksia voidaan kuitenkin keinotekoisien keskiarvoihin perustuvan jaottelun perusteella pitää viitteellisinä; toisaalta tilastolliset erot olivat merkitseviä.

Kyselytutkimuksen laadullinen analyysi aloitettiin analysoimalla kyselylomakkeen osallistujan kokemia tuen tarpeita kysyvän avoimen kysymyksen kaikki vastaukset yhtenä poolina. Tämän kysymyksen vastausten analyysi

Kysymys (liitteestä 2)	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
1. Kaveriporukan kesken opiskelu	0.42	.52	1.51	14.69	0.15
2. Helppojen perustehtävien harjoittelu	19.91	0.00	1.17	67	0.25
3. Tehtävätyyppien ulkoa muistaminen	0.13	0.72	1.30	12.33	0.22
4. Ryhmäkeskustelut	8.97	0.00	2.00	65	0.05
5. Syvää ymmärrystä vaativat tehtävät	0.28	0.60	4.47	17.68	0.00
6. Konkreettisten esimerkkien tuottaminen	3.10	0.08	0.05	63	0.96
7. Tutkimusta vaativat tehtävät	0.14	0.71	3.02	19.21	0.01
8. Liittäminen muihin kursseihin	0.50	0.48	1.84	63	0.07
9. Konkreettisten esimerkkien harjoittelu	0.07	0.79	-0.15	16.52	0.88
10. Opiskelu tuntemattomien kanssa	0.63	0.43	0.22	62	0.83
11. Materiaalin ulkoa muistaminen	0.40	0.53	1.18	16.26	0.26

Taulukko 9: *Koetun työskentelymetodin tärkeyden yhteys koettuun matematiikan osaamisen tasoon.*

toimi ensimmäisenä laadullisena tutustumisena aineistoon, ja sen tulokset ovat nähtävissä liitteessä 4. Tässä analyysissä löydettiin yhteensä 21 pelkistettyä tuen tarpeen luokkaa, joiden jakauma eri vastaajien välille on merkitty taulukkoon frekvenssinä. Yhden opiskelijan vastaus voitiin luokitella useaan luokkaan, jos vastaus selvästi ilmensi useaa eri redusoitua luokkaa. Yhdistettyjen luokkien frekvensseistä nähdään, että strukturoidun opetussuunnitelman ja tavoitteiden selkeyden puutteet nousivat aineistosta määrällisesti suurimmaksi osa-alueeksi Brantsin ja Struyvenin jaottelua käyttäen (Brants & Struyven 2009). Tässä on kuitenkin huomattava, että redusoitujen ilmausten sarake voi antaa ilmiöstä tarkemmankin kuvan. Jopa 16 vastaajaa mainitsi luentojen aikaisen aloitusajan oppimista häiritseväksi tekijäksi. On tietenkin selvää, ettei tätä voida laadullisesti verrata esimerkiksi niihin kahteen tuen tarpeeseen, joista ilmentyivät vakavatkin mielenterveyden ongelmat. Tämä ensimmäinen analyysi ilmentää joka tapauksessa kurssin opiskelijoiden poolin monipuolisia tuen tarpeita. Päätuloksena voidaan nähdä tuen tarpeiden moninaisuuden lisäksi se, että ”Tukipalvelujen puutteet”-ryhmään luokiteltuja vastauksia löytyi aineistosta verrattain vähän. Opiskelijat näkivät siis tämän kysymyksen perusteella kurssin oppimisen vaikeuksien johtuvat lähinnä kurssin järjestelyistä ja materiaaleista.

Aiemmin määrällisesti analysoidussa osiossa kysyin osallistujien kokemuksia eri matematiikan osaamisen osa-alueiden (Kilpatrick et al. 2001, 116) suhteen. Valmiiksi laadittujen vastausvaihtoehtojen lisäksi kysyin avoimen

kentän avulla, kokeeko osallistuja, että olisi ollut joitain muita taitoja, mitä hän olisi tarvinnut kurssilla lisää. Vastauksia tähän ei-pakolliseen kenttään tuli vain kuusi kappaletta; nämä löydetty, koetut taidot olivat pelkistettyinä ilmauksina:

- Avun pyytämisen taidot tarvittaessa. (V16)
- Käsitekokonaisuuksien syvempi ymmärtäminen. (V21)
- Kyky keskittyä paremmin. (V28)
- Ongelmanratkaisun ja todistamisen mallien syvälinen hallinta. (V36)
- Kurssisisältöjen liittäminen juuri omaan alaan. (V56 ja V72)

Haastattelut

Opiskelijoilta saatu haastatteluaineisto analysoitiin niin ikään Milesin ja Hubermanin (Miles & Huberman 1994) sisällönanalyysin keinoin. Tässä aineistoa käsiteltiin kaikkien yksittäisten vastausten muodostamana poolina. Yhteensä erilaisia pelkistettyjä tuen tarpeen muotoja löydettiin 44. Liitteeseen 5 on lueteltu nämä pelkistetyt ilmaukset frekvensseineen. Sisällönanalyysissä löysin pelkistetyistä luokista muodostettuja pääluokkia yhdistäviksi luokiksi Brantsin ja Struyvenin onnistuneen verkossa toteutettavan tuen faktorit (Brants & Struyven 2009). Vaikka jaottelu on tehty nimenomaan verkkotukea ajatellen, käytän sitä sisällönanalyysini pääteorian holistisen mallin mukaisesti (Croft et al. 2009). Kurssi edustaa sulautuneen opetuksen mallia, ja siksi en erottele erikseen tukimuotoja, joihin voisi vastata verkossa tapahtuvan tuen avulla. Brantsin ja Struyvenin jaottelu myöskin erotteli aineistoni täysin - teoria liittyy tuen järjestäjän näkökulmaan, ja oli mielenkiintoista nähdä, kuinka opiskelijoiden tuen tarpeet sijoittuisivat näiden faktorien alle. Tätä tietoa voidaan pitää ensiarvoisen tärkeänä tukimuotoja suunniteltaessa. Haastatteluaineistossani tukipalveluihin liittyvät tuen tarpeet nousivat yleisimmäksi yhdistäväksi luokaksi, ja tukimuotojen monipuolisuuteen liittyvät tuen tarpeet olivat frekvenssiltään lähes yhtä yleinen luokka. Frekvenssien jakauman eroaminen kyselytutkimuksesta ei ole yllättävää, sillä rennoissa haastattelutilanteissa opiskelijoiden oli helpompi kertoa individualistisista

tuen tarpeista, kun taas kyselylomake saattoi kannustaa kirjoittamaan ulkoista kurssijärjestelyistä.

Erityisiä nimenomaan matematiikan oppimiseen liittyviä tuen tarpeita ei aineistosta löytynyt paljoa - nämä tuen tarpeet jakautuivat matematiikan sisältöjen oppimiseen liittyviin vaikeuksiin sekä siihen, että edellisistä matematiikan opinnoista on jo pitkä aika. Erityisesti matematiikan merkinnät aiheuttivat opiskelijoille vaikeuksia.

Se matikan kieli ei oo hallussa. Niin sanotaan että ne luentomomisteet on sellasia et ei siin nyt kaikki jutut kokonaan auennut.
(O7)

Yksilölliset oppimisen tuen tarpeet näyttäytyivät tässä aineistossa monimuotoisina. On kuitenkin huomattavaa, että oppimisen pysyminen pinta-puolisena mainittiin aineistossa neljässä eri haastattelussa. Tämän koettiin johtuvan esimerkiksi siitä, ettei edes yksinkertaisempia asioita pysty oppimaan ilman tukea (O5), kuin siitäkin, ettei nimenomaan syvällisempää matematiikan oppimista vaativaan ymmärtämiseen saanut tukea (O8). Aineistossa strukturoidun opetussuunnitelman ja tavoitteiden selkeyden faktorin alle sijoittuvat tuen tarpeet muun elämän kiireitä ja toisinaan - käyttäen aineistossa usein esiintynyttä sanaa - laiskuutena sekä motivaation puutteena. Tukimuotojen monipuolisuuteen liittyvissä tuen tarpeissa aineistosta nousi erityisesti nykyistä yksinkertaisemman kurssimateriaalin ja esimerkkitehtävien puute. Sosiaaliset tuen tarpeet nousivat myös aineistosta hyvin monessa haastattelussa.

Kyllä mä uskon et siitä ois ollut varmasti paljon apua ehk jotakin lisää jos ois päässyt jonkun ryhmän kanssa laskemaan. Mutta tietysti tässä on se että kun on töissä ja on jo kotona perhettä niin sen ajan järjestäminen tällasena aikuisopiskelijana on haasteellista. (O3)

Sisällönanalyysin aikana huomasin kuitenkin, että opiskelijoiden vastauksia olisi syytä käsitellä myös yksittäisinä aineistoina. Jotkin tuen tarpeet nousivat yksittäisen opiskelijan vastausten välisistä ristiriidoista; tämän vuoksi käsitelin jokaisen opiskelijan ”tapauksen sisäisenä tapauksena”. Tämä johti

profileihin, jotka tyypittelin (Tuomi & Sarajärvi 2009, 93) kahden eri ulottuvuuden suhteen. Ensinnäkin ensimmäistä sisällönanalyysiä tehdessä aineistosta nousi selvä jaottelu opiskelijoiden välille heidän aktiivisuutensa suhteen. Osa opiskelijoista kuvasi kokemuksiaan siitä, eivät halua käyttää resursseja kurssin sisältöjen oppimiseen. Tätä tyypiteltyä luokkaa yhdisti myös tietynlainen pakeneminen tuen luota; saatettiin esimerkiksi kuvailla, kuinka laskuharjoitustilaisuuksista olisi hyötyä, mutta opiskelija ei kuitenkaan osallistunut näihin. Osa opiskelijoista taas kuvasi aktiivisesti etsivänsä ja luovansa kurssimateriaaleja sekä käyttävänsä kurssin tarjoamia tukimuotoja jatkuvasti. Aktiivisuuden lisäksi jaottelin aineiston myös kurssin suoritustavan mukaisesti, sillä kahden MOOC-kurssina kurssin suorittavan tuen tarpeet erosivat selvästi luentokurssia suorittavien vastaavista. Tulokset ovat nähtävillä taukukassa 10, johon on haastateltavien perustietojen lisäksi koottu myös lyhyt luonnehdinta kyseisen opiskelijan keskeisestä tuen tarpeesta.

Aktiivisiksi tyypitellyt opiskelijat kyllä kuvasivat suuriakin tuen tarpeita, mutta he kuvasivat myös käyttävänsä kurssin tarjoamia tukikeinoja säännöllisesti. He kuvasivat käyttävänsä kurssimateriaalin lisäksi myös itse etsimiään sekä tuottamiaan materiaaleja. Kaiken kaikkiaan aktiivisia, tuen luokse etsittyjä opiskelijoita yhdisti aineistossani oman oppimisen reflektointi. Ryhmän opiskelijat tunnistivat ongelmaksi esimerkiksi sen, että aiemmista matematiikan opinnoista oli kulunut jo aikaa, ja olivat tähän jo ennen kurssia varautuneet. Opiskelijat osasivat selkeästi eritellä työskentelytavat, joita käyttivät halutessaan oppia tietyn sisällön syvällisesti; esimerkiksi sekä kurssimateriaaliin kuuluvat että itse internetistä etsityt opetusvideot mainittiin tässä yhteydessä useassa haastattelussa. Työskentelymetodien suhteen aktiivisiksi tuen luokse hakeutujiksi tyypitellyt opiskelijat erosivat epäaktiivisiksi luokitelluista työskentelytapojen monipuolisuuden vuoksi. Aktiiviset, tuen luokse hakeutuvat opiskelijat kertoivat vaihtavansa opiskelumetodejaan tarvittaessa ja pyrkivät karttamaan vain pinnalliseen ulkoa oppimiseen tähtääviä tekniikoita.

Siin piti googlata, kattoo Wikipediaa, kattoo YouTubea, kattoo muita kanavia. Ja kaikenlaisia äppeä on puhelimellekin. (O7)

Joskus laskin itsekseni, joskus sit porukassa kun sattui oleen ka-

	Aktiivinen, tukea etsivä opiskelija	Epäaktiivinen, tukea välttelevä opiskelija
Luento- kurssi	O6 Ikä: 20 (1. opiskeluvuosi) Tuotantotalous <i>Opiskelee pintapuolisesti mut- ta aktiivisesti.</i>	O1 Ikä: 19 (1. opiskeluvuosi) Informaatioverkostot <i>Näkee oppimisen lähinnä pis- teiden keräämisenä.</i>
	O7 Ikä: 35 Avoin yliopisto <i>Suuria tuen tarpeita niin matematiikan sisältöjen kuin opiskelutekniikoidenkin suhteen.</i>	O2 Ikä: 23 (5. opiskeluvuosi) Biotekniikka <i>Edellisestä matematiikan kurs- sista on kauan ja motivaatio on lähinnä kurssin läpäisemisessä.</i>
	O9 Ikä: 24 (1. opiskeluvuosi) Informaatioverkostot <i>Ei juuri tarvitse tukea, mutta toivoisi parannuksia kurssima- teriaaliin.</i>	O5 Ikä: 19 (1. opiskeluvuosi) Tuotantotalous <i>Tunnistaa ongelmansa mate- matiikan oppimisen suhteen, muttei käytä tukea.</i>
	O4 Ikä: 21 (1. opiskeluvuosi) Informaatioverkostot <i>Opiskelee tehokkaasti yksin omien materiaalien avulla.</i>	
MOOC	O3 Ikä: 35 (5. vuosi) Tietotekniikka, johtaminen <i>Kaipaa tukea materiaalien ja sosiaalisen oppimisen suhteen.</i>	
	O8 Ikä: 42 Avoin yliopisto <i>Kaipaa henkilökohtaista tukea matematiikan sisältöjen opet- telussa.</i>	

Taulukko 10: Haastatteluaineiston tyypittely opiskelijan aktiivisuuden ja kurssin suoritustavan mukaan.

vereita paikalla. Ja sit tietysti kun oli se assari paikalla, niin sit pystyi kysyyn jos tuli jotain ongelmia. Ja netistä ettimällä sai tietoa, vähän niistä kurssin omista materiaaleista ja sitten taas Wikipediasta esimerkiksi ja muiden yliopistojen aineistoista pystyi etsimään. Ja tosiaan sieltä luennoilta. (O9)

Erotin aktiivisiksi tyypiteltyjen opiskelijoiden joukosta erilleen kaksi kurssia MOOC-muodossa suoritettavaa opiskelijaa (O3, O8). Kuten taulukosta 10 nähdään, erottuivat nämä opiskelijat muista jo ikänsä ja elämäntilanteensa puolesta. Tämä kahden opiskelijan joukko nousi aineistosta esiin äärimmäisen aktiivisena ja motivoituneena; molemmat opiskelijat refleктоivat osaamistaan syvästi ja kuvasivat opiskelumetodeja, joiden avulla he pyrkivät saavuttamaan mahdollisimman syvän oppimisen tason. Kummatkin opiskelijat kuvasivat opiskelevansa jatkuvasti ennalta tarjottujen kurssimateriaalien ke-
ra, ja lisäksi he kuvasivat etsivänsä ja tuottavansa muita kurssimateriaaleja. Yhdistävänä tekijänä kummallekin toimi ryhmämuotoisen opiskelun puuttumisen. Tämä koettiin tuen tarpeeksi kummankin haastattelun osalta.

No, sanotaan, että voi sanoa et kyllä siitä ois ollut paljon varmasti apua jos ois päässyt jonkun ryhmän kanssa laskemaan. (O3)

Sehän on aika pienestä kiinni se et pääsee eteenpäin tehtävissä. Et sit just jos ei oo sit ketään kenelle jutella. (O8)

Kolme aineiston opiskelijaa tyypiteltiin vastaustensa perusteella epäaktiivisiksi ja jopa tukea vältteleviksi. Tämä näkyi aineistossa esimerkiksi siten, etteivät nämä opiskelijat osallistuneet luentoihin tai laskuharjoituksiin, eivätkä he myöskään kuvanneet käyttävänsä kurssimateriaaleja yhtä aktiivisesti kuin aktiivisiksi tyypiteltyt opiskelijat. Kysyttäessä vaikeaksi koettuja kurssisisältöjä, aktiivisiksi tuen etsijöiksi tyypiteltyt opiskelijat kuvasivat ongelmia ominaisvektorien, erilaisten hajotelmien sekä matriisien diagonalisoinnin suhteen. Epäaktiivisiksi, tukea vältteleviksi tyypiteltyt opiskelijat sen sijaan eivät osanneet nimetä heidän mielestään vaikeasti opeteltavista kurssisisällöistä kuin Gaussin eliminointialgoritmin (O1). Työskentelytavoista kuvattiin aineistossa tärkeäksi lähinnä kurssin laskuharjoitus- sekä STACK-tehtävien

ratkaiseminen ystäväporukan kesken. Analyysivaiheessa tätä opiskelijoiden joukkoa yhdisti erityisesti näkemys siitä, että kurssilla oppiminen koettiin lähinnä pistesaldon kerryttämisenä. Yksi vastaaja (O1) esimerkiksi kuvasi ratkaisevansa STACK-tehtäviä laskimen avulla oppimatta tehtävistä mitään. Toinen (O5) taas kuvasi kohdanneensa suuria haasteita, sillä hänen äidinkiensä on ruotsi eikä materiaalia ole saatavilla kuin suomeksi; toisaalta myöhemmin haastattelussa hän kertoi, ettei halua osallistua samaan aikaan järjestettävälle vastaavalle ruotsinkieliselle kurssille, koska hänen ystävänsä on tällä suomenkielisellä kurssilla. Eräs opiskelija (O2) kuvasi myös, että kaipaasi kanavaa, jota pitkin luennoitsijaa voisi lähestyä muutenkin kuin sähköpostilla. Kurssilla kuitenkin käytettiin Piazza-keskustelupalstaa, mutta opiskelija ei ollut tästä tietoinen.

En mä hirveesti niinku silleen opiskellut. Mut eihän matikkaa sillein voikaan. Ainakaan tällä kurssilla. Ja vaik mä asun Otaniemessä niin silti se et ois lähtenyt niinku laskariin joka ei oo pakollinen, niin tuntu jotenkin ylitsepääsemättömältä. Vähän ehkä laiskuus iski. (O1)

On huomattavaa, että tätä tyypittelyä ei tule nähdä arvottavana. Opiskelijoilla oli erilaisia syitä olla antamatta kurssilla oppimisen eteen kaikkeaan; epäaktiiviksi tyypitellyt opiskelijoista yksi kuvasi esimerkiksi kurssin olevan tapa saada suoritettua pakollisia opintopisteitä juuri ennen valmistumista (O2) ja yksi kuvasi kurssin olevan vähemmän tärkeä kuin oman pääaineensa opinnot (O1). Tutkimukseni kannalta oleellista on, etteivät nämä kolme opiskelijaa halunneet tässä aineistossa tarttua heille kurssin puolesta tarjottuihin tukimuotoihin.

Opiskelijoiden tuen tarpeita kysyttiin haastattelun keinoin myös kurssiassistenteilta, jotka vastasivat Matriisilaskenta-kurssilla laskuharjoitustilaisuuksien ohjaamisesta. Kaikissa näissä kolmessa haastattelussa korostuivat nimenomaan matematiikan oppimiseen liittyvät tuen tarpeet; tämä ei ole yllättävää, sillä assistenttien rooliin kuuluu nimenomaan matemaattisten sisältöjen eikä esimerkiksi opiskelutekniikoiden tuen tarjoaminen. Erityisesti assistentit huomioivat opiskelijoiden todistamisen taitojen puutteet. Myös laskurutiinin

puute (A1) sekä pohjatietojen puutteet (A1, A3) liitettiin opiskelijoihin kysyttäessä opiskelijoiden yleisestä ”osaamisen tasosta” kurssilla.

Selkeää kurssin osallistujien jakoa tuen suhteen aktiivisiin tai epäaktiivisiin opiskelijoihin assistentit eivät tehneet. He arvioivat noin kolmasosan kurssin osallistujista ylipäättään käyvän laskuharjoituksissa. Assistentit näkivät kuitenkin tässä aineistossa tuen tarpeiden syyn liittyvän esimerkiksi lukio-opintojen matematiikan sisältöjen niukkuuteen (A1) ja siihen, että edellisistä matematiikan opinnoista voi joillekin opiskelijoille olla pitkäkin aika (A3). Tuen tarpeet liittyivät opiskelijoiden yksilöllisiin ominaisuuksiin, eikä yhtäkään analyysiyksikköä koodattu vastaamaan esimerkiksi kurssin järjestelyistä tai materiaalien puutteista johtuvia tuen tarpeita kuten opiskelijoiden vastauksia analysoidessa. Opiskeluseuran puuttuminen nähtiin myös assistenttien näkökulmasta ongelmaksi, ja etenkin tämä liitettiin opiskelijoiden vastausten tapaan MOOC-kurssia suorittaviin (A2, A3).

Tuntuu et ne osaa oikeestaan paremmin ne jotka käy tuol laskureissa kuin ne jotka ei käy, et kun tulee noita palautettavia tehtäviä niin sit on aika alkeellisia virheitä niillä jotka ei oo käyneet.
(A2)

Se on vähän ongelma näiden MOOC-kurssilaisten kanssa, et heil ei välttämättä oo mitään kunnollista interaktiota sen enempää opettajan kuin toistensa kanssa. Et ehkä vois vähän kehittää sitä sosiaalista puolta. (A3)

Assistentit puhuivat haastatteluissa myös matemaattisen ajattelun taitojen puutteista. Eräs assistentti (A1) kuvasi esimerkiksi vastaustekniikoiden puutteita. Hänen mukaansa opiskelijat jättävät usein matemaattiset perustelut kokonaan pois vastauksista. Todistamistehtävissä ongelmat liitettiin kahdessa haastattelussa laajempiin loogisten strategioiden puutteisiin,. Tällaiseksi kuvataan esimerkiksi aineistossa yleinen tilanne, jossa opiskelija alkaa todistaa tehtävää kyseisen tehtävän lopputuloksesta päätyen sen oletuksiin. Myös käsitteiden ja teorioiden välisten yhteyksien muodostaminen koettiin assistenttien haastatteluissa opiskelijoille ongelmalliseksi. Esimerkiksi matriisimuotoisen yhtälöryhmän ja aaltosulkeiden avulla esitetyn yhtälöryhmän

välisen yhteyden hahmottaminen kuvattiin yleisesti vaikeaksi koetuksi kurssisisällöksi (A3).

Tällaset perus laskutehtävät sujuu ihan hyvin joitain pikku laskuvirheitä lukuunottamatta mut sitten jos ne vähän joutuu ajattelemaan siinä tehtävässä niin se virheiden määrä kasvaa. Et esimerkiksi tällasten asioiden, kuin vektoriavaruuden kanta, hahmottaminen, niin se on vähän hankalampaa kuin jos se tehtävä on suoraviivainen. Että laske matriisitulo tai ratkaise tällanen yhtälöryhmä. (A3)

8.2 Tuen tarpeiden ja tarjotun tuen kohtaaminen

Kyselylomake

Aloitin toiseen tutkimuskysymykseen vastaamisen oppimisen arviointiin liittyvien kokemusten selvittämisellä. Viittaan tätä analyysiä tehdessäni liitteen 2 kysymysten yksilöintiin kirjaimin. Analysoin ensin Mummin ja kollegoiden haastattelupohjasta otettujen kysymysten (G, H, I, J) vastaukset (Mumm et al. 2015, 24). Selvitin siis aineistolähtöisesti niitä arviointimenetelmiä ja -periaatteita, joista kurssin opiskelijat ovat pitäneet ja joista he eivät ole pitäneet, ja lisäksi analysoin Mummin ja kollegoiden kaksi viimeistä kysymystä tarjotun tuen ja oman tuen tarpeen kohtaamispisteen näkökulmasta.

Niitä arviointimenetelmiä, joista opiskelijat ovat pitäneet, on teemoiteltu taulukkoon aineistoesimerkkeineen 11. Aineistosta, eli kyselylomakkeen kysymyksen G vastauksista, löydettiin yhteensä 11 erilaista pidetyn arvioinnin teemaa. Taulukkoon on kirjoitettu teemojen otsikoiden perään myös niiden esiintymisfrekvenssi aineistossa. Erityisesti vastauksista ilmeni tyytyväisyys jatkuvaan, erilaisia arviointimenetelmiä yhdistelevään arviointijärjestelmään. Automaattinen STACK-tehtävistä saatava palaute keräsi myös suuren määrän mainintoja. Huomionarvoista on, että vain yksi opiskelija mainitsi pitävänsä tällä kurssilla tentistä arviointimuotona.

Kartoitin myös opiskelijoilta niitä arviointimenetelmiä, joista he eivät tällä kurssilla pitäneet, kyselylomakkeen kysymyksellä H. Perustelut näis-

Monipuoliset arviointimenetelmät (14) <i>Se on kiva jos kokonaispisteet määrittelee arvosanan ja läpipääsyn eli vaikka tentti menisi huonosti niin silti voi päästä läpi jos on tehnyt paljon laskutehtäviä. (V6)</i>	Automaattinen palaute (14) <i>Näkee heti menikö lasku/harjoitus oikein. Palautuksen jälkeen ratkaisuihin voi palata uudestaan. (V36)</i>	Motivoiva arvostelu (12) <i>Ensimmäisenä yliopistossa ajattelin, että tämä systeemi (puolet arvosanasta tulee läksyistä, toiset tentistä) on naurettavaa holhoamista, mutta olin väärässä. Uskon saavani näin enemmän irti kurssista, koska opiskelen tasaisemmin. (V60)</i>
Läsnäolosta ei jaeta pisteitä (10) <i>Etenkin töissä käyvälle tämä on mahtava ajallinen bonus. (V52)</i>	Sähköinen tehtävien palautus (6) <i>Mukavaa ettei ole tarvinnut fyysisesti palauttaa mitään. (V73)</i>	Formatiiviset arviointimenetelmät (6) <i>Saaduista pisteistä voi tarkkailla omaa edistymistä. (V47)</i>
Arvostelu ei ole liian tiukka (5) <i>Laskaritehtävät arvioidaan sopivan väljästi ja oppimista tukien. (V7)</i>	Kurssin arvostelu oli selkeää (4) <i>Arvioinnissa ei ole liikaa osa-alueita, joten ns. kärkyillä pysyminen on ollut vain vähän aikaa vievää. (V22)</i>	Arvioitavia tehtäviä oli sopiva määrä (3) <i>Hyvä että on kaksi tehtäväsarjaa, mitä pitää tehdä. Tarpeeksi tehtäviä. (V68)</i>
Sanallinen palaute (1) <i>Sanallinen palaute antaa syvemmän ymmärryksen. (V49)</i>	Tentti (1) <i>Tykkään kokeista. Siellä adrenaliini virtaa ja saan eniten itsestäni irti. (V75)</i>	

Taulukko 11: Arviointimenetelmät, joista opiskelijat kokivat pitävänsä.

sä avoimissa vastauksissa olivat verrattain niukempia kuin positiivisten arviointimenetelmien suhteen. Teemoittelin tämänkin aineiston, mutta lyhyiden vastausten vuoksi raportoin tässä vain löydetty teemat esiintyvyyssuhteineen. Teemoja, joista opiskelijat eivät arvioinnin suhteen pitäneet, löytyi tässä aineistolähtöisessä analyysissä 10 ja ne olivat frekvensseineen:

- STACK-tehtävistä vähenee pisteitä, jos vastausta ei saa ensimmäisellä yrityksellä oikein. (16)

- Loppuarviointi. (7)
- Palautettavista tehtävistä ei saanut tarpeeksi palautetta. (5)
- Laskuharjoitustilaisuuksiin osallistumisesta ei saanut lisäpisteitä. (4)
- Eri arviointimenetelmien vaikutus lopulliseen kurssiarvosanaan oli huono. (3)
- Arviointijärjestelmä sisälsi liikaa erilaisia osioita. (3)
- Kurssilla oli liikaa arvioitavia tehtäviä. (2)
- Kurssilla ei saanut palautetta oppimisesta tarpeeksi nopeasti. (2)
- STACK-järjestelmän bugit haittasivat oppimista. (1)

Näiden kahden kartoittavan analyysin aikana nähtiin, että opiskelijat pitivät ylipäättään kurssin arvioinnin periaatteista; monipuoliset arviointimuodot, jotka sisälsivät myös automaattisen palautteen käyttöä, koettiin aineistossa laajasti pidetyiksi. Toisaalta arviointimuotojen monipuolisuus herätti niin myötä- kuin soraääniäkin, sillä järjestelmä koettiin kolmessa vastauksessa selkeäksi ja kolmessa epämääräiseksi. Kyselyaineiston pohjalta voidaan silti sanoa, että opiskelijat kokivat laajasti pitävänsä kurssin arviointiin liittyvistä periaatteista, kun taas ne arviointimenetelmät, joista ei pidetty, pohjautuivat yksittäisiin arviointimenetelmien palasiin. Jopa 16 vastauksessa mainittiin arvioinnin epäkohdaksi se, että STACK-tehtävien pistemäärä laski 10 % jokaisen väärän vastausehdotuksen jälkeen. Tämä on kuitenkin vain automaattisen palautteen yksi osanen, joka olisi nopeasti muutettavissa Moodlen asetuksista. Toisaalta opiskelijat raportoivat myös, että he eivät pitäneet palautteen vähäisyydestä eivätkä arvioitavien suoritusten välisestä suhteesta.

Edelliset kaksi analyysiä toimivat tähän tutkimuskysymykseen vastaamisessa lähinnä kontekstia kartoittavana teemoitteluna. Varsinaiseen tutkimuskysymykseen kysyin arvioinnin osalta vastausta kyselylomakkeen kysymysten I ja J avulla. Luokittelin ensin aineiston (eli opiskelijoiden vastaukset kysymyksiin I ja J) kolmeen tyyppiin sen mukaan, oliko opiskelija kokenut vastauksensa perusteella arvioinnin tukeneen oppimistaan. Tyyppiä ”opiskelija, joka koki arvioinnin tukeneen oppimistaan” (56 opiskelijaa) ilmensi aineistossa kuvaus siitä, että arviointi on todella vaikuttanut positiivisesti matematiikan oppimiseen. Koska tämän tyyppittelyn alle luokiteltiin paljon

opiskelijoita, luokiteltiin kuvaukset sen mukaan, kuinka arviointimenetelmät ovat oppimista tukeneet, aineistolähtöisesti kahdeksaan eri luokkaan. Luokitteluksi esiintyvyyshäufigensseinen saatiin:

- Pisteiden kertyminen kurssin aikana motivoi työskentelemään jatkuvasti. (33)
- Läsnaölopakottomuus on ohjannut itsenäiseen opiskeluun. (3)
- Monipuolinen arviointi kannusti tekemään monipuolisia tehtäviä. (4)
- STACK-tehtävät ovat auttaneet hahmottamaan oman osaamisen tasoa. (6)
- Tehtävien arviointi harjoitti loppukoetta varten. (2)
- Kurssikoe kokoaa opittuja asioita kokonaisuudeksi. (1)
- Palautettavien tehtävien arviointi on harjoittanut huolellisuutta. (1)
- Jatkuva arviointi on poistanut stressiä. (1)

Kuusi opiskelijaa luokiteltiin tyyppiin ”opiskelija, joka ei kokenut arviointimenetelmien tukeneet oppimistaan” alle. Perustelut tälle olivat kuitenkin aineistossa vähäisiä; kaksi vastaajista näki kuitenkin kokemuksen johtuvan vähäisestä oppimiseen liittyvästä palautteesta (V32, V67). Myös ambivalenttiin tyyppiin luokiteltiin kuusi opiskelijaa. Nämä opiskelijat kokivat arvioinnin tuen välineenä, mutta joko ristiriitaisesti tai vain kohtalaisesti. Tätä tyyppiä kuvasi tyytyväisyys monimuotoiseen arviointiin, mutta tyytymättömyys eri arvioinnin osasten välisistä suhteista. Tentin pistemäärän painoarvoa haluttiin vastauksesta riippuen joko pienemmäksi tai suuremmaksi, ja sama päti tehtävistä saatavalle kurssin aikaiselle jatkuvalla arvioinnille. Yksi vastaaja toivoi välikokeita yhden yksittäisen loppukokeen sijaan (V55).

Lopuksi analysoin kyselylomakkeen vastaukset oppimisen tuen näkökulmasta. Järjestin aluksi aineiston (kyselylomakkeen kysymysten K, L ja M vastaukset) niin, että yhden henkilön vastaukset kaikkeen näihin kolmeen kysymykseen muodostivat yhden analysoitavan yksikön. Tämän jälkeen luokittelin aineiston kolmeen tyyppiin sen perusteella, kokiko vastaaja hyötynsä tarjotuista tukimuodoista. Löydetty tyytit olivat luonnehdinnoiltaan ”koki tarjotun tuen auttaneen” (51 opiskelijaa), ”ei kokenut tarjotun tuen auttaneen” (yhdeksän opiskelijaa) sekä ambivalentti (14 opiskelijaa). Näistä

kahteen ensimmäiseen luokiteltiin opiskelijoita, joiden vastauksissa todettiin selvästi joko koettu hyöty tai sen puute; ambivalenttiin tyyppiin luokiteltiin opiskelijoita, jotka kyllä kokivat hyötynensä kurssin tukikeinoista mutta vain osittain. Ambivalentin tyypin voidaan luonnehtia kokeneen hyötyvänsä tietystä tukimuodoista ja toisista ei. Usea vastaaja esimerkiksi koki laskuharjoitustilaisuudet tärkeäksi tukikeinoksi oppimisensa kannalta, mutta kuvaili myös kurssimateriaalin riittämättömäksi tai jopa haitalliseksi.

Tämän tyypittelyn jälkeen halusin tarkastella, mitkä kurssin järjestelyt opiskelijat ylipäättään kokivat tukikeinoiksi (kyselylomakkeen kysymyksen K vastaukset). Luokittelin opiskelijoiden vastaukset; nämä on koottu taulukoon tyypeittäin 12. Lisäksi tarkastelin omana aineistonaan kyselylomakkeen kysymyksen M vastauksia niin, että suoritin Milesin ja Hubermanin sisällönanalyysin kaltaisen luokittelun (Miles & Huberman 1994) jokaiselle tyyppille erikseen. Tässä luokittelussa redusoin avoimista vastauksista löydettyt analyysiyksiköt ja yhdistin näistä pääluokkia aineistolähtöisesti; alaluokkia en niukan aineiston vuoksi etsinyt. Yhdistäviksi luokiksi löydettiin Brantsin ja Struyvenin jaottelu (Brants & Struyven 2009). Vaikka heidän luokittelunsa onnistuneen verkkotuen faktoreista onkin luotu juuri verkkotuelle, käytän tätä teoriaa sitomaan yhteen analyysini tuloksia holistisen tuen periaatteiden mukaisesti (Croft et al. 2009). Tulokset on koottu liitteeseen 6.

	Tuki auttoi (N = 51)	Ambivalentti (N = 14)	Tuki ei auttanut (N = 9)
Laskuharjoitustilaisuudet	38	10	3
Ystävien tuki	13	2	1
Kurssimateriaalit	9	4	3
Luennot	4	1	-
Videot	4	2	1
Laskutupa	6	2	-
Muut verkkomateriaalit	1	-	1
Piazza-keskustelupalsta	1	-	-
Tehtävistä saatu palaute	1	-	-

Taulukko 12: *Kyselytutkimukseen vastanneiden kokemus heidän kurssilla saamastaan oppimisen tuesta.*

Analyysissä huomattiin, että jokainen tyyppi koki laskuharjoitustilaisuudet erittäin oleelliseksi tuen tarjoajaksi. Myös ystävien kanssa opiskelu ja erilaiset kurssimateriaalit keräsivät paljon mainintoja aineistossa. Ensimmäis-

tä tyyppiä voidaan luonnehtia joukoksi, joka koki tunnistavansa omia tuen tarpeitaan ja käytti näitä tarpeita vastaamaan lukuisia eri kurssin järjestelyihin kuuluvia tuen muotoja. Tätä tyyppiä karakterisoi myös oman oppimisen laadukas reflektointi tarjotun tuen parantamista koskevan kysymyksen vastausaineistossa. Ehdotetut parannusehdotukset (liite 6) liittyivät neljään Brantsin ja Struyvenin (Brants & Struyven 2009) onnistuneen verkkotuen faktoreista. Erityisesti tätä tyyppiä voisi luonnehtia tyytyväiseksi, mutta yksipuoliseksi tuen saajaksi; analyysissä frekvenssiltään selkeästi suurin parannusehdotusten yhdistävä luokka oli ”monipuoliset tukikeinot”. Moni vastaaja kokikin, että kaipaisi tukea tarjoamaan vielä monipuolisempia tukimateriaaleja. Näistä esimerkiksi opetusvideot ja entistä yksinkertaisemmin, välivaiheineen esitetyt esimerkkitehtävät mainittiin verrattain usein aineistossa.

Selvästi pienemmät opiskelijoiden joukot löytyivät kahden muun tyyppin takaa. Eri tyytit erosivat analyysissä toisistaan johdonmukaisuudensa suhteen. Opiskelijatyyppi, joka ei kokenut tuen tarjonnan apua oppimiseensa, koostui niiden opiskelijoiden joukosta, jotka kyllä käyttivät eri tuen muotoja mutta kokivat ne tarpeettomaksi. Tätä tyyppiä kuvaa kuitenkin perustelujen vähäisyys; aineistossa kärkevätkin mielipiteet jäivät usein perustelematta, minkä vuoksi syytä tyytymättömyydelle on pohdittava syvällisemmin vasta haastatteluaineistoa analysoitaessa. Sekä tämän että ambivalentiksi luonnehditun tyyppin parannusehdotuksia väritti yksilölliseen tukeen suunnattujen tukipalvelujen suuri frekvenssi (liite 6). Koetut kurssimateriaalin puutteet luonnehtivat molempien tyyppien vastauksia. Huomionarvoista on se, että kaikkien vastaajien joukosta vain kaksi mainitsi, ettei tarvitse oppimisensa suhteen minkäänlaisia tukikeinoja, sillä he kokevat oppivansa kurssin sisällöt täysin yksin ja omien työskentelytapojensa avulla. Vain yksi opiskelija koki, ettei ole saanut minkäänlaista tukea kohtaamaan hänen moninaisia tuen tarpeitaan. Kurssia MOOC-muodossa suorittaneet opiskelijat luokiteltiin kaikki kurssin tukeen tyytyväisten tyyppin alle.

Aineiston perusteella voidaan sanoa, että opiskelijat suureksi osin kokivat arvioinnin tuen keinoksi ja myös pitivät siitä. Tämä ilmentää Lafuente ja kollegoiden jaottelussa tietotekniikan monipuolista roolia niin oppimista tukevana kuin tietoa keräävänä elementtinä (Lafuente et al. 2014). Opiskelijat pitivät teknologian roolia suurena; perinteinen tentti ei ollut aineistossa

pidetty arviointimuoto, ja esimerkiksi STACK-tehtävistä saatava automaattinen palaute nähtiin aineistossa laajalti tehokkaana tukikeinona. Kyselylomakkeen vastausten perusteella saadun aineiston perusteella voidaan siis sanoa, että yleisesti ottaen kurssilla tarjottu tuki kohtasi opiskelijoiden tarpeet. Ne, jotka kokivat etteivät ole saaneet tarpeeksi tukea, eivät tässä aineistossa osanneet identifoida niitä tuen tekijöitä, joita he tarvitsisivat kurssilla lisää. Opiskelijoilla oli myös paljon ideoita siitä, kuinka kurssin tukikeinoja tulisi kehittää. Ilomäen affordanssiteorian (Ilomäki 2012, 10 - 11) pohjalta on mielenkiintoista, että sekä kurssin nykyisistä että toivotuista tietotekniikan avulla toteutetun tuen muodoista kertovat kokemukset pysyivät lähes kokonaan tiedonhankinnan metaforan tasolla; vain erilaiset toivottuihin keskustelusovelluksiin liittyvät kuvaukset ilmensivät osallistumismetaforan mukaista tukimateriaalia.

Haastattelut

Jaan myös haastattelujen analyysissä tarkastelun kahteen osaan ja käsittelemisen arviointiin ja oppimisen tukeen liittyviä kokemuksia erikseen. Käsittelen jokaisen kohdan aiemmassa analyysissä luokiteltujen opiskelijatyyppejen mukaan. Analyysissä viittaan liitteen 3 haastattelupohjien kysymysten numeerointiin.

Haastattelupohjan kysymykset 15 ja 16 eivät erotelleet aineistoa, vaan kaikki kolme opiskelijatyyppeä vastasivat samalla tavalla kuvatessaan niitä arviointimenetelmiä sekä niiden elementtejä, joista kokivat pitävänsä, ja toisaalta niitä arviointimenetelmiä, joista eivät kokeneet pitävänsä. Yhdeksästä opiskelijasta jopa kahdeksan vastasi pitävänsä kurssin jatkuvasta arvioinnista (kaikki paitsi O2); myös automaattinen palaute mainittiin neljässä haastattelussa (O1, O3, O8, O5). Tentti mainittiin epämieluisaksi arviointimenetelmäksi kahdessa haastattelussa (O2, O3). STACK-järjestelmästä saatavien laskuharjoituspisteiden väheneminen jokaisen väärän vastauksen jälkeen herätti aineistossa laajasti negatiivisia tunteita.

Kyl mä ymmärrän et kyllä niitä pisteitä pitää niinku lähteä mut ehkä vois olla niinku et sä saat kokeilla kerran ja sit ehkä jos se toisenkin kerran menis väärin niin sit vähennettäis pisteitä. Jos

se on vaan pieni laskuvirhe, joka vähentää sit niitä pisteitä, niin se vähän ärsyttää. (O5)

Kaikki aktiiviseksi, tukea etsiväksi opiskelijaksi luokitellut opiskelijat kuvasivat kurssin jatkuvan, formatiivisen arvioinnin toimivan tärkeänä motivoivana tekijänä ja tukimuotona. Arvosteltavista tehtävistä saadun palautteen kuvailtiin auttaneen hahmottamaan omaa osaamisen tasoaan. Tämän hahmottamisen kuvattiin aineistossa johtavan jopa työskentelymenetelmien aktiiviseen reflektointiin; esimerkiksi yksi haastateltava (O9) kuvasi, kuinka hän on kurssilla vihdoin oppinut formatiivisen itsearvioinnin taitoja, eikä jätä kaikkea opiskelua enää tenttiä edeltävään viikkoon. MOOC-kurssia suorittavista toinen (O3) kuvasi, että kurssin arviointi on ollut keskeisin tukikeino niin oppimisen kuin itseluottamuksenkin suhteen. Kurssin arvioinnin suhteen ei tämän opiskelijatyypin osalta tullut erityisiä parannusehdotuksia. Eräs opiskelija (O7) pohti välikokeiden mahdollisuutta, mutta totesi tämän varmasti olevan resurssien kannalta mahdotonta. Mielenkiintoisesti toinen MOOC-kurssia suorittavista (O8) opiskelijoista koki, ettei arviointi ollut toiminut kurssin aikana tukikeinona. Hän näki lähinnä kurssiassistentin palautettaviin laskuharjoitustehtäviin kirjoittaman palautteen tukikeinona:

Se on hirveen tärkeä se henkilökohtainen palaute niistä tehtävistä. Joka tehtävästä erikseen. Ne on tosi merkityksellisiä. Se toimii myös sellasena motivaattorina, että jos sä lasket jotakin niin sitten sä saat siitä palautetta. (O3)

Epäaktiivisiksi, tukea vältteleviksi luokitellut opiskelijat eivät yhdistäneet diskurssia arvioinnista niinkään oppimiseen vaan pisteiden keräämiseen. Esimerkiksi eräs opiskelija (O1) kuvasi, että STACK-tehtävät ovat hänelle merkityksellinen arviointikeino, sillä hän voi läpäistä kurssin saamalla pisteitä syötettyään laskimella lasketut laskut sellaisenaan tehtäväeditoriin. Hän toivoikin, että STACK-tehtävistä voitaisiin kehittää sellaisia, että sisältäisivät välituloksia, jotka entisestään kannustaisivat olemaan huijaamatta. Tätä tyyppiä edustavat opiskelijat toivoivat, että lopputentin arvosanan painoarvo lopullisen arvosanan suhteen olisi pienempi kuin nykyään ja lisäksi he toivoivat ”armollisempia” STACK-tehtäviä (O2, O5).

	Millaista oppimisen tukea opiskelija on saanut?	Miten opiskelija parantaisi kurssin tukimuotoja?
Aktiiviset (luennot)	Laadukas verkkomateriaali mahdollisti myös itsenäisen opiskelun.	Toivottuja tukimuotoja kuvasi toive yksinkertaisemmasta materiaalista.
	Laskuharjoitustilaisuudet koettiin tärkeimmäksi tukimuodoksi.	Konkreettisia, omaan alaan liittyviä esimerkkejä toivottiin kursseille.
	STACK-tehtävien aiheeseen johdatteleva rooli koettiin tärkeäksi tukikeinoksi.	Matemaattista kirjoittamista sekä loogisia ja strategisia taitoja haluttiin harjoitella.
	Kurssin videot tukivat erilaisia oppijoita.	Videoita ja opetussovelmia toivottiin runsaasti lisää.
	Monipuoliset tukikeinot ovat tukeneet koko kurssin ajan.	
Aktiiviset (MOOC)	Piazza-keskustelupalsta koettiin tärkeimmäksi tuen välineeksi.	Aktiivisempi, verkossa toteutettava ryhmäkeskustelu ja ryhmätyöskentely.
	Verkko-opetus on mahdollistanut koko oppimisen; ilman sitä ei olisi mahdollista.	Esimerkkitehtävät voisivat esitellä erilaisia ratkaisutyyppisiä ja lähestymistapoja.
	Sähköinen materiaali on aina saatavilla.	Kurssin sähköistä materiaalia voisi olla enemmän.
Epäaktiiviset (luennot)	Tukimuodoista lähinnä verkkomateriaaleja on käytetty.	Läsnäolopisteitä toivottiin lisää motivoimaan opintoja.
	Tehtävät voi palauttaa Moodleen sähköisesti.	Yksinkertaiset, tukimuodoksi suunnitellut kurssimateriaalit.
	Videot tärkeänä tukimuotona.	Lisää opetusvideoita.
	Ystävien tuki on ollut tärkeää.	Aktiivinen keskustelupalsta.

Taulukko 13: *Haastatteluaineiston kokemukset saadusta oppimisen tuesta kurssilla tyypeittäin.*

Selvitin kurssilla käytettyjä oppimisen tuen muotoja opiskelijatyypeittäin yhdistämällä haastattelupohjan kysymysten 9, 10, 19 ja 24 vastaukset yhdeksi tarkasteltavaksi aineistoksi. Tämä valinta syntyi sen havainnon perusteella, että usein opiskelijoiden vastaukset koetusta saadusta tuesta ja koetusta saadusta verkkomateriaalein toteutetusta tuesta kietoutuivat lujasti yhteen. Lisäksi tämä valinta ilmentää Croftin holistista mallia, jossa tietotekniikka on sulautunut osaksi tukea (Croft et al. 2009). Näin saadun aineiston perusteella teemoittelin opiskelijoiden vastauksia saadusta tuesta ja tämän tuen parantamisesta kolmen opiskelijatyypin perusteella. Aineistossa oli huomattavissa selvää laadullista eroa nimenomaan näiden kolmen tyypin välillä. Etsin aineistoista näihin kahteen kysymyksiin vastaavia analyysiyksiköitä, ja tiivistin nämä tyyppien sisäisiksi pelkistetyiksi kuvauksiksi. Tulokset ovat nähtävissä taulukossa 13.

Aktiivisiksi, tukea etsiviksi luokitellut luentokurssia suorittavat opiskelijat kokivat laskuharjoitustilaisuudet keskeiseksi kurssin tukimuodoksi. Tämä alleviivaa lähiopetuksen tärkeyttä tukimuotoja suunniteltaessa – MOOC-kurssia suorittavat kokivat juuri sosiaalisen oppimisen puutteen suurimmaksi tuen tarpeekseen, ja tässä analyysissä tätä opiskelijatyyppeä kuvasi tyytymättömyys kurssilla tarjottavaan Piazza-keskustelupalstan tarjoamaan keskustelukanavaan. Myös kurssiassistentit kokivat laskuharjoitustilaisuudet täysin keskeiseksi kurssin tukikeinoksi ja kokivat voineensa tarjota niissä riittävästi tukea opiskelijoille. Eräs assistentti (A1) kuvaili tilanteita, joissa hän auttaa opiskelijoita yksilöllisesti vaihdellen omaa opetustyyliään reflektoiden opiskelijan matemaattisen osaamisen tasoa. Toinen assistentti (A2) taas kuvasi, että nimenomaan aiemmin osaamisen suhteen puutteelliseksi havaitut todistamisen taidot karttuivat juuri laskuharjoitustilaisuuksissa. Kaikissa opiskelijatyypeissä sekä jokaisessa assistenttien haastattelussa laskuharjoitukset koettiin sellaiseksi tuen muodoksi, jota ei sen tärkeyden vuoksi voida siirtää verkko-opetuksen muotoon – mielenkiintoisesti näin kuvasivat myös ne epäaktiivisiksi luokitellut opiskelijat, jotka eivät laskuharjoitustilaisuuksissa itse käyneet. Näin ollen tämän aineiston perusteella voidaan todeta, että laskuharjoitustilaisuudet ovat toimineet tärkeänä tukikeinona, mutta haasteeksi jää tarjota samanlaista tukea niille, jotka eivät tätä tukimuotoa käytä.

Luulen että ne joilla jää tehtäviä ratkomatta niin tota eivät vält-

tämättä ihan kauheesti käy niissä laskareissa. Tai laskutuvassa.
(A2)

No vaik mä en käynyt siellä laskareissa niin kyl silti ne assarit on aika sellanen korvaamaton tuki, et sitä ei pysty siirtään verkkoon mitenkää. Koska niiltä saa myös jotain lisää kuin vaan sen tehtävän vastauksen. Ne assarit tuo oman persoonallisuutensa mukaan siihen, niin ne saattaa myös esittää vaihtoehtosii ajattelutapoja johonkin tehtävään. (O1)

Tarkastelin erikseen sisällönanalyysin keinoin STACK-järjestelmän soveltuvuutta tuen tarjoajaksi tällä kurssilla. Opiskelijoiden vastauksissa STACK-tehtävät näyttäytyivät merkittävänä tuen muotona jokaisessa opiskelijatyypissä. Siinä missä aktiiviseksi tuen etsijäksi tyypitellyt opiskelijat kokivat STACK-tehtävistä saatavan välittömän palautteen tärkeäksi oman matemaatiikan osaamisen tason hahmottamisen kannalta, näkivät epäaktiivisiksi tyypitellyt opiskelijat STACK-järjestelmän motivoivana voimavarana. Aktiivisiksi tuen etsijöiksi tyypitellyt opiskelijat (niin luento- kuin MOOC-kurssia suorittavat) halusivat kurssille jopa enemmän STACK-tehtäviä. Tätä tyyppiä kuvasi STACK-tehtävien kehityksen suhteen tarve monipuolisempiin sähköisiin tehtäviin, jotka opettaisivat matemaattisen sisällön lisäksi esimerkiksi syvemmän ajattelun ja matemaattisen kielen taitoja. Jokaisessa tyypissä tunnustettiin STACK tärkeäksi opiskeltavien sisältöjen syvyyden porrastajaksi:

Mä oon kokenut et yleensä ne [STACK-tehtävät] on tullut eka ja sit vasta niis kirjallisissa tehtävissä on tullut sitä samaa asiaa niinku syvemmin. Nii sit se on tavallaan vähän porrastanut, ettei sit hypätä suoraan syvään päähän. (O1)

STACK-tehtävien rooli nähtiin aineistossa laajasti nimenomaan yksinkertaisten, perustason tehtävien ja laskurutiini opetteluun tarjoajana. Kaikissa opiskelijatyypeissä vastattiin haastatteluaineiston kysymykseen 21, että verkkotehtävissä olisi hyvä käsitellä nimenomaan syventäviin kurssisisältöihin valmentavia perusasioita - joskin kahdessa haastattelussa (O2, O7) painotettiin, että syventäviä STACK-tehtäviä olisi mielekästä tehdä, jos tukitoimia näihin olisi enemmän tarjolla. Assistentit näkivät STACK-tehtävät

samassa roolissa. Yksi assistentti (A3) kuvasi, että STACK-tehtävien yksinkertaisuus syö niihin sisäänrakennetun satunnaistamisen ideaa, sillä tämä helpottaa plagiointia. Yksi vastaaja (A2) taas koki, että jos tehtävillä halutaan kehittää nimenomaan yksinkertaisia ja mekaanisia laskutaitoja, niin näitä tehtäviä voisi yksinkertaistaa entisestään. Luennoitsijan haastattelussa korostui se ajatteluprosessi, joka näiden tehtävien kehittämisen taustalla on ollut. STACK-järjestelmän rooli nähtiin luennoitsijan vastauksissa hyvin monimuotoisena - edellä mainittujen lisäksi luennoitsija painotti, että järjestelmä saa tukea välttelevätkin opiskelijat yleensä ainakin kokeilemaan tehtävien ratkaisemista. Kun heikoksi itsensä kokeva opiskelija saa STACK-tehtävän itse ratkaistua, on tällä yhteys myös hänen itsetuntemuksensa kehittämiseen. Luennoitsija antaa tehtäville myös sosiaalisen roolin:

Koska ne on satunnaistettuja ne tehtävät, niin opiskelijoilla ei oo niin montaa hyvää kaveria että joku tekis niille ne kaikki tehtävät. Vaikka joku kaveri voi auttaa sit kyllä, mut se nyt ei niin kauheesti haittaa koska se auttaminen on tavallaan sitä et joku kaveri työskentelee palkattomana tukiopettajana.

Tässä aineistossa MOOC-kurssia suorittavat opiskelijat eivät kokeneet kurssin tukimuotojen kohtaavan omia sosiaalisen tuen tarpeitaan. Kurssiasistenteista yksikään haastateltava ei kokenut verkkokeskustelun kehittämistä mielekkääksi. Yksi heistä (A1) tosin näki verkossa toteutetun laskutuvan ideana hyvänä, mutta assistentti kuvaili käytännön resurssiongelmien luultavasti estävän tällaisen kehitystyön. Opiskelijoiden vastauksissa pohdittiin kuitenkin jopa konkreettisella tasolla parannusehdotuksia; esimerkiksi Telegram-puhelinsovellusta ehdotettiin pienen kynnyksen verkkokeskustelun välineeksi (O3, O9). Eräs opiskelija hahmotteli jopa tapoja, joilla pidempiä ja jopa projektipohjaisia kurssitöitä voisi tehtävää kierrättäen toteuttaa verkon kautta ryhmätyönä (O8). Epäaktiivisiksi tuen käyttäjiksi tyypitellyt opiskelijat suhtautuivat verkkokeskustelun mahdollisuuteen varauksella erilaisia käytännön toteutuksen ongelmia pohtien; tämän tyyppin alla nähtiin, että verkkokeskustelun lähtökohtana tulisi olla nimenomaan pieni kynnys osallistua.

Nythän mä oon niinku sen Piazzan kautta keskustellut pelkästään niinku opettajan kanssa. Mut sit se et saatais, tai et sais vielä enemmän sellasta et niinku opiskelijat niinku yleisemmin keskustelis tehtävistä netissä. (O8)

8.3 Yhteenveto

Sekä haastattelujen että kyselylomakkeen aineistojen perusteella voidaan todeta, että Matriisilaskenta-kurssilla järjestetyt tukikeinot ovat kohdanneet opiskelijoiden monimuotoiset tuen tarpeet hyvin. Kuten luennoitsijan haastattelusta käy ilmi, on kurssia kehitetty aiemman kurssipalautteen avulla, ja palaute on ylipäättään ollut positiivista. Voidaan todeta, että kurssi todentaa sellaista holistisen tuen mallia (Croft et al. 2009) jossa kurssilla toteutettu tuki on sulautunut osaksi kurssin opetusta. Suuri osa kurssin tukimuodoista järjestetään tietotekniikan avulla. Näistä esimerkiksi STACK-tehtävät on tässä aineistossa koettu laajalti tärkeinä tuen tarjoajina formatiivisen ja automaattisen palautejärjestelmänsä vuoksi. Voidaan todeta, että kaiken kaikkiaan verkkotuelle on Lafuentea mukailleen annettu sekä oppimista tukeva että tietoa keräävä rooli (Lafuente et al. 2014). STACK-tehtävien rooli laskurutiinin ja perustason tehtävien tukee sitä ajatusta, että nimenomaan opiskelijoiden artimetiikan tasoerot ovat kasvaneet matematiikan korkeakouluopetuksessa (Kent & Noss 2003). Tällainen pedagoginen suunnittelu ilmentää Goosin nimeämää opetusteknologian kumppanin roolia (Goos 2010, 69). Tapaustutkimukseni tapausta voidaan luonnehtia esimerkilliseksi jo sen vuoksi, että se ilmentää Brantsin ja Struyvenin onnistuneen verkkotuen mallin kaikkia faktoreita (Brants & Struyven 2009).

Kurssin opiskelijat eivät kokeneet, että verkkokeskustelulle kurssilla asetettu rooli olisi vastannut heidän tuen tarpeitaan. Siinä missä Piazzan avulla toteutettu keskustelupalsta ilmensi nyt hankintametaforaa (Ilomäki 2012, 10 - 11), kokivat etenkin MOOC-kurssia suorittavat opiskelijat ja epäaktiivisiksi tuen etsijöiksi tyypitellyt opiskelijat, että osallistava metafora olisi voinut tukea heidän oppimistaan paremmin. Tämä tukee Grahamin näkemystä siitä, että interaktiivisuus voi jopa nostaa sulautuneen opetuksen pedagogista arvoa (Graham 2006). Rinnastan Piazza-keskustelupalstan Lafuenteen ja kol-

legoiden tutkimuksen verkossa toteutettuun interventioon (Lafuente et al. 2014); jos tällaiselle verkossa toteutettavalle opetusmuodolle ei anneta tarpeeksi suurta roolia jo suunnittelutyössä, ei tulostenkaan voi olettaa olevan suuria.

Tutkimustulokseni alleviivaavat tuen tarpeiden ja niihin vastaavien tukimuotojen monimuotoisuutta. Kuvailin analyysissäni kolme erilaista opiskelijatyyppeä, jotka kuvasivat tarvitsevänsä hyvin erilaisia tukimuotoja matematiikan oppimisensa eteen. Matriisilaskenta-kurssi on esimerkki kurssista, joka on selvästi pyrkinyt kehittämään tukimuotojaan, mutta näiden tulosten pohjalta esitetään, että näitä tuen muotoja voisi kohdistaa entistä enemmän tietyille opiskelijatyypeille. Luennoitsijan haastattelussa korostuu ajattelu siitä, ettei ketään opiskelijaa haluta pakottaa tietyn opiskelumuodon alle. Tämä ajatus on hyvä lähtökohta tuelle, mutta vaatii onnistuakseen tuen mahdollisuudet myös esimerkiksi MOOC-kurssia suorittaville opiskelijoille.

9 Johtopäätökset

Matriisilaskenta-kurssi edustaa tässä tapaustutkimuksessa tyypillistä matematiikan korkeakoulukurssia, joka tarjoaa opiskelijoille erilaisia tietoteknisiä tukikeinoja sulautuneen opetuksen mallin mukaisesti. Kurssin kontekstin (luku 8.1) ja tutkimukseni tulosten valossa on kuitenkin selvää, että kurssi edustaa erityisesti sellaista yliopistotason matematiikan kurssia, jonka opetusmuodot ovat selvästi pohdittuja myös tuen näkökulmasta. Matriisilaskenta-kurssilla toteutetaan Croftin ja kollegoiden luonnehtimaa holistista mallia, jossa oppimisen tuki ja itse pedagoginen opetus ovat sulautuneet yhteen. Tämä on nähtävissä niin kurssin arviointi- kuin tukimenetelmissäkin. Koen ensimmäiseksi työni ansioksi jo tämänlaisen kehityksen tuloksena syntyneen kurssijärjestelyn kuvaamisen.

Selvitin työssäni opiskelijoiden kokemia tuen tarpeita sekä sitä, kuinka he ovat kokeneet kurssin tukimenetelmien kohtaavan nämä tarpeet. Yleiskuva tukimuodoista on aineiston pohjalta selvästi positiivinen – tämä on nähtävissä esimerkiksi liitteen 6 taulukosta. Selvästi suurin osa kurssin opiskelijoista on kokenut hyötyvänsä tukimuodoista, mutta nämäkin opiskelijat raportoivat aineistossani useita parannusehdotuksia. Identifioin tapaustutkimukseni sisällä riskiryhmiä kohdistettavien tukimuotojen suhteen. Tällaisiksi nousivat MOOC-kurssin opiskelijat, jotka eivät kokeneet saaneensa sosiaalista tukea etenkin syvällisen, konstruktivistisluonteisen oppimisen taustalle. Lisäksi tyypittelin aineistosta kolmen opiskelijan joukon, jotka kuvasivat jopa välttelevänsä tarjottua tukea. Vaikka tyypittelyn ei ollut tarkoitus olla arvottava, on selvää, että insinöörikoulutuksen matematiikan kurssin tavoitteena on saada opiskelija ymmärtämään sisällöt omaa tulevaa uraa varten. Tämän vuoksi koen tuen tarjoamisen myös tällaiselle opiskelijaryhmälle mielekkäänä.

Kokosin kehitystyön kannalta saatuja tuloksia yhteen taulukoksi. Merkitsein Brantsin ja Struyvenin onnistuneen verkossa tarjottavan tuen faktoreiden mukaisesti ylös kyselylomakeaineistosta nousseita tuen tarpeiden teemoja, joihin toivottiin vastattavan entistä paremmin. Erityisesti keskityin tukipalveluihin sekä niiden monipuolisuuteen, sillä nämä nousivat esille myös niiden opiskelijoiden kohdalla, jotka eivät kokeneet hyötynensä kurssin tukimuo-

doista. Tämän jälkeen yksilöin tuen tarpeita haastatteluaineiston syvemmän analyysin perusteella. Tarkastelen lyhyesti nämä löytyneet tuen tarpeet sen mukaan, voisiko niihin vastata tietotekniikan avulla; tähän kysymykseen vastaan niin affordanssiteorian (Ilomäki 2012, 10 - 11) kuin kirjallisuuskatsauksen esimerkkien perusteella. Tulokset on koottu taulukkoon 14. Tilan säästämiseksi viitataan kirjallisuuskatsauksen tutkimuksiin niiden järjestysluvun mukaan (luku 6.3). Faktoreista ”henkilökunnan tuki” jätettiin pois, sillä analyysi tehtiin opiskelijoiden vastausten perusteella.

Onnistuneen tuen faktorit	Aineistoissa koettu tuen lisätarve	Teknologian roolin metafora	Esimerkki kirj.katsauksesta
Tukipalvelut	Yksinkertaiset, tukeen suunnitellut materiaalit	Hankinta	Maple TA (3) Laskimet (7) Online-resurssikeskus (16)
	Lisää opetusvideoita	Hankinta Tiedon luominen	MathsCasts-videot (17) Omat videot iPadilla (16)
Monipuoliset tukimuodot	Pienen kynnyksen keskustelusovellukset	Osallistuminen	Facebook-ryhmä (1) E-laskutupa (13, 21)
	Sisältöä syventävät materiaalit	Hankinta	Opetussovelmat (18) Esimerkkitehtävien visualisaatiot (25)
Strukturoitu tuki	Motivoinnin keinot	Hankinta	Diagnostinen arviointi, riskiryhmien selvitys (23) Älykynät, iPadit motivaattorina (4)
Konkreettiset sovellukset	Omaan alaan liittyvät materiaalit ja tehtävät	Hankinta	Mathematics Gateway -sivusto (20)

Taulukko 14: *Kirjallisuuskatsauksen (luku 6) esimerkkejä tavoista vastata aineistosta nousseisiin tuen lisätarpeisiin.*

Kirjallisuuskatsauksen tietoteknisen tuen ratkaisut edustivat lähinnä hankintametaforaa (Ilomäki 2012, 10 - 11). Tiedon luomista edusti kirjallisuus-

katsaukseni aineistossa videoiden luominen ryhmissä – tämäkään tukimuoto ei tosin ole sellaisenaan vaihtoehto MOOC-kurssia suorittavalle. Ehdotan tulosteni pohjalta, että Matriisilaskenta-kurssin Piazza-keskustelupalstaa pohdittaisiin vielä tietotekniikan roolin näkökulmasta. Onko keskustelupalstan aikaansaamista sosiaalisen oppimisen tuloksista odotettavissa suuria, jos teknologian rooli on asetettu alusta alkaen pieneksi? On huomattavaa, että haastatteluaineistossani myös tukea välttelevien tyyppin alle luokitellut opiskelijat kuvasivat kaipaavansa esimerkiksi monipuolisempaa kurssimateriaalia ja opetusvideoita. En eritellyt taulukkoon 14 luokittelemiani kurssin opiskelijatyyppejä; vaikka tukea onkin hyvä profiloida tiettyjä opiskelijatyyppejä ajatellen, väitän, että monet tukimuodot sopivat hyvin moneen tarkoitukseen ja erilaisille oppilaille. Tässä tapaustutkimuksessa STACK-tehtävät olivat esimerkki tällaisesta tukimuodosta.

Sekä määrällisissä että laadullisissa analyyseissäni todettiin tässä aineistossa matematiikan deduktiivisten ja strategisten taitojen tuen tarve. Erityisesti todistamisen taitojen yleinen heikko taso kurssilla tuli esille niin opiskelijoiden kuin henkilökunnankin haastatteluissa. Näitä taitoja voisi kehittää erilaisin verkkotehtävin; aineistossa nousi monesti esille esimerkiksi haastavamman tai projektimaisemman tehtävän ratkaiseminen verkossa tapahtuvan ryhmäkeskustelun keinoin. Alemmilla kouluasteilla juuri strategiaoppimisen on todettu auttavan oppilaita, joilla on matematiikan oppimisen vaikeuksia (Gersten et al. 2009). Tietotekniikalla on todettu olevan vaikutus jopa oppimisen mekanismien muutokseen (Oliver 2002) - vaikka STACK-tehtävien rooli perustehtävien ja laskurutiinin osaamisen varmistajana on tällä kurssilla perusteltu, nousi tässä aineistossa oppimisen pintapuolisuus yhdeksi keskeiseksi teemaksi. Sekä deduktiivisia että strategisia taitoja mittaavien tehtävien tuottaminen ja tutkimus jäävät jatkotutkimuksen piiriin.

Korkeakoulutuksen matematiikan massakurssien tukimuodot voidaan laajemmassa mittakaavassa nähdä jopa yhtenä inklusiivista yhteiskuntaa ja kaikille avointa korkeakoulutusta edistävänä tekijänä. Resurssit ovat kuitenkin vahva määrittävä tekijä korkeakouluopetusta kehittäessä. Peruskoulumaisesta erityisopetuksesta ei siis voida nähdä realistisena vaihtoehtona tuen tarpeiden kohtajana. Pro gradu -työni teesinä argumentoin, että matematiikan tuen elementtejä on mahdollista järjestää sulautuneen opetuksen ja verkko-

opetuksen keinoin. Tapaustutkimuksessani tarkastelin opiskelijoiden ja henkilökunnan kokemuksia matematiikan kurssista, jolla tietotekniikkaa käytettiin niin arvioinnin kuin oppimisen tuenkin välineenä. Matriisilaskenta-kurssia on parannettu aiemman kurssipalautteen kannalta, mikä alleviivaa suunnittelun tärkeyttä opetuksen ja tuen kehityksessä. Tässä suunnittelutyössä on syytä osallistaa myös opiskelijoita (Crowther et al. 1997, 791 - 792).

Työni nostaa esille useita jatkotutkimuksen aiheita. Alleviivaisin ensinnäkin niin aineisto-, teoria- kuin menetelmätriangulaationkin (Eskola & Suoranta 1998) tärkeyttä opetuksen kehityksen ja erityisesti oppimisen tuen kehityksen tutkimuksissa. Laadulliset menetelmät paljastivat tässäkin työssä sellaisia tuen tarpeiden mekanismeja, joihin ei pelkkien tenttipisteiden avulla olisi päästy käsiksi. Monipuoliset menetelmät tuen kehityksen lähtökohdiana tukisi myös Croftin ja kollegoiden holistisen tuen mallin pedagogisen tutkimuksen faktoria (Croft et al. 2009). Tässä aineistossa huomattiin erityisesti MOOC-kurssia suorittavien tuen tarpeet sekä heidän kokemuksensa siitä, ettei näihin tuen tarpeisiin ole pystytty vastaamaan. Jatkotutkimuksen tehtäväksi jää pohtia syvemmin nimenomaan MOOC-kursseihin liittyvää pedagogiikkaa. Erityisesti soisin tällaisen tarkastelun liittyvän pedagogiselta lähtökohdaltaan elinikäiseen oppimiseen; omassa kirjallisuuskatsauksessani-kin edusti vain yksi tutkimus, vaikka korkeakoulutus toki kohdistuu aikuisille ihmisille.

Tapaustutkimukseni tulokset ovat siirrettävissä korkeakoulujen matematiikan opetuksen piiriin; jatkotutkimuksen aiheeksi jää selvittää, millainen sija matematiikan verkkomateriaaleilla voisi olla lukion tai peruskoulun opetuksen tukimuotona. Yliopistot matematiikan massakursseineen muodostavat tuen kannalta ison haasteen, mutta tuen tarpeisiin vastaamisen haasteita on eittämättä myös muilla koulutasoilla. Tietoteknisin menetelmin on mahdollista vastata sofistikoituneesti niin arvioinnin kuin oppimisen tuenkin tarpeisiin.

Kiitokset

Kiitokset ovat ainoa luonteva tapa lopettaa lähes vuoden kestänyt graduprosessini. Aivan ensimmäiseksi kiitän ohjaajiani! Haluan kiittää alkuperäistä ohjaajaani Antti Rasilaa, joka auttoi minua pääsemään sisään insinööriopiskelijan mielenmaisemaan. Erityisesti kasvoin nuorena tutkijan alkuna loppuvaiheessa mukaan hypänneen Mira Kalalahden kanssa käytyjen pitkien keskustelujen johdosta. Työni toisen osan metodologia on hiottu hänen rautaisen ammattitaitonsa avulla. Mika Koskenojan terävien havaintojen pohjalta sain muokattua työtäni lopulliseen kuntoonsa - kiitos tästä!

Erityiskiitokset kuuluvat perustamallemme gradupiirille, joka tuki ja auttoi niin graduprosessin myötä- kuin vastoinikäymisissäkin. Gradupiirin kriittisessä tarkastelussa pitkät ja polveilevat ajatusketjuni ovat saaneet luettavampia muotoja. Perjantaipullan äärellä unohdettiin hetkeksi gradut ja rentouduttiin - mutta vain hetkeksi. Suurimmat kiitokset kuuluvat teille, tulevat filosofian maisterit Elsa, Maija ja Juuso!

Suuren osan graduni kirjoitustyöstä olen tehnyt Keski-suomalaisen Osakunnan kerhotiloissa Casa Academicalla. Osakunnan kahvinkeittimen lisäksi osoitan viimeiset kiitokseni vuoden 2017 hallitukselle, joka on nähnyt tämän gradupeikon niin pohjamudissa litteroinnin pyörteissä kuin iloa hihkumassa ensimmäisten analyysien valmistuessa. Kiitokset ansaitsee myös osakuntamme toiminnanjohtaja emerita Niina, jonka apu litteroinnin käytäntöjen ja periaatteiden suhteen on ollut korvaamatonta.

Viitteet

- Abramson, L. Y., Seligman, M. E., & Teasdale, J. D. (1978). Learned helplessness in humans: critique and reformulation. *Journal of abnormal psychology*, 87(1), 49.
- Alasuutari, P. (1999). *Laadullinen tutkimus*. Vastapaino.
- Allen, I. E. & Seaman, C. A. (2007). Likert scales and data analyses. *Quality progress*, 40(7), 64.
- Atjonen, P. (2005). *Tieto-ja viestintätekniikka yleissivistävän koulun pedagogisena haasteena*. Joensuun yliopisto.
- Bamforth, S. E., Robinson, C. L., Croft, T., & Crawford, A. (2007). Retention and progression of engineering students with diverse mathematical backgrounds. *Teaching Mathematics and its Applications*, 26(4), 156–166.
- Barnett, R. (2007). Assessment in higher education: an impossible mission? Teoksessa Boud, D. & Falchikov, N. (toim.). *Rethinking Assessment in Higher Education: Learning for the Longer Term*, 29–40. Routledge.
- Basitere, M. & Ivala, E. (2015). Mitigating the mathematical knowledge gap between high school and first year university chemical engineering mathematics course. *Electronic Journal of e-Learning*, 13(2), 68–83.
- Biehler, R., Fischer, P. R., Hochmuth, R., & Wassong, T. (2012). Designing and evaluating blended learning bridging courses in mathematics. Teoksessa *Proceedings of the Seventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, 1971–1980.
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139–148.
- Boston, C. (2002). The concept of formative assessment: Eric digest. *ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation*. Saatavilla <http://eric.ed.gov/?id=ED470206>. Viitattu 12.7.2016.
- Brants, L. & Struyven, K. (2009). Literature review of online remedial education: a european perspective. *Industry and Higher Education*, 23(4), 269–275.
- Brouwer, N., Ekimova, L., Jasinska, M., van Gastel, L., & Virgailaitė-Meckauskaitė, E. (2009). Enhancing mathematics by online assessments: Two cases of remedial education. *Industry and Higher Education*, 23(4), 277–283.
- Butterworth, B. & Reigosa, V. (2007). Information processing deficits in dyscalculia. Teoksessa Berch, D. B., Mazzocco, M. M. M., & Ginsburg, H. P. (toim.). *Why is math so hard for some Children? The Nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities.*, 65–81. Paul H. Brookes Publishing.
- Cohn, P. (1998). Why does my stomach hurt: How individuals with learning disabilities can use cognitive strategies to reduce anxiety and stress at the college level. *Journal of Learning Disabilities*, 31(5), 514.

- Cooney, B. (2013). To investigate the potential of emerging elearning technologies to enhance online support for students of mathematics. *Learning and Teaching Investment Fund final report*.
- Cortina, J. M. (1993). What is coefficient alpha? an examination of theory and applications. *Journal of applied psychology*, 78(1), 98.
- Creswell, J. W. (2012). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage Publications.
- Croft, A. C., Harrison, M. C., & Robinson, C. L. (2009). Recruitment and retention of students—an integrated and holistic vision of mathematics support. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 40(1), 109–125.
- Crowther, K., Thompson, D., & Cullingford, C. (1997). Engineering degree students are deficient in mathematical expertise—why? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 28(6), 785–792.
- Davis, L., Harrison, M. C., Palipana, A., & Ward, J. (2005). Assessment-driven learning of mathematics for engineering students. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 42(1), 63–72.
- Devlin, K. (2011). *Mathematics education for a new era: Video games as a medium for learning*. CRC Press.
- Doyle, A. (2010). Dyscalculia and mathematical difficulties: Implications for transition to higher education in the republic of ireland.
- Eskola, J. & Suoranta, J. (1998). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Vastapaino.
- Evans, A. & Jackman, S. (2003). *Using the graphics calculator to support mathematics for engineering students*. LTSN MathsTeam, Napier University.
- Ferrier, C. (2013). A multifaceted approach to numeracy support for life sciences students. *MSOR Connections*, 13(2), 24–30.
- Fletcher, L. & Milne, S. (2010). The fetlar virtual appliance: Tools for delivering open educational resources and standards-based assessment. *The FETLAR Virtual Appliance*.
- Flores, A. (2002). Learning and teaching mathematics with technology. *Teaching children mathematics*, 8(6), 308.
- Frith, V., Jaftha, J., & Prince, R. (2004). Evaluating the effectiveness of interactive computer tutorials for an undergraduate mathematical literacy course. *British Journal of Educational Technology*, 35(2), 159–171.
- Fuchs, L. S. & Fuchs, D. (2002). Mathematical problem-solving profiles of students with mathematics disabilities with and without comorbid reading disabilities. *Journal of learning disabilities*, 35(6), 564–574.

- Fylan, F. (2005). Semi-structured interviewing. *A handbook of research methods for clinical and health psychology*, 65–78.
- Garrison, D. R. & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The internet and higher education*, 7(2), 95–105.
- Gau, M. T. (2011). Combining tradition with technology. redesigning a literary course. Teoksessa Glazer, F. S. (toim.). *New pedagogies and practices for teaching in higher education: Blended learning. Across the disciplines, across the academy.*, 87–114. Stylus.
- Gersten, R., Chard, D. J., Jayanthi, M., Baker, S. K., Morphy, P., & Flojo, J. (2009). Mathematics instruction for students with learning disabilities: A meta-analysis of instructional components. *Review of Educational Research*, 79(3), 1202–1242.
- Gibbs, G. & Simpson, C. (2004). Does your assessment support your students' learning. *Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 1(1), 1–30.
- Goos, M. (2010). Using technology to support effective mathematics teaching and learning: What counts? Teoksessa Oliver, J. & Makar, K. (toim.). *Proceedings of the sixth education conference*, 67–70. New York.
- Gorman, N., Marjoram, M., Healy, D., O'Sullivan, M. C., & Robinson, P. (2009). The use of technology in mathematics support - approaches used and lessons learnt at itt dublin. Teoksessa *4th Irish Workshop on Maths Learning and Support Centres 4th December*.
- Graham, C. R. (2006). Blended learning systems. Teoksessa Bonk, C. J. & Graham, C. R. (toim.). *The handbook of blended learning: Global perspectives, local designs.*, 3–21. Pfeiffer.
- Greenbaum, B., Graham, S., & Scales, W. (1995). Adults with learning disabilities: Educational and social experiences during college. *Exceptional Children*, 61(5), 460–471.
- Gregg, N. (2009). *Adolescents and adults with learning disabilities and ADHD: Assessment and accommodation*. Guilford Press.
- Haapasalo, L. (2007). Adapting mathematics education to the needs of ict. *The Electronic Journal of Mathematics and Technology*, 1(1), 1–10.
- Heiman, T. & Precel, K. (2003). Students with learning disabilities in higher education academic strategies profile. *Journal of learning disabilities*, 36(3), 248–258.
- Hibberd, S., Litton, L., Chambers, C., & Rowlett, P. (2003). Melees - e-support or mayhem? *MSOR connections*, 3(3), 29–34.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2008). *Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Gaudeamus Helsinki University Press.
- Hodges, R., Payne, E. M., Dietz, A., & Hajovsky, M. (2014). e-sponsor mentoring: Support for students in developmental education. *Journal of Developmental Education*, 38(1), 12.
- Holopainen, M. & Pulkkinen, P. (2002). *Tilastolliset menetelmät*. Sanoma Pro.

- Hähkiöniemi, M. & Viholainen, A. (2004). *Lukion ja korkeakoulujen matematiikka: Lukion pitkä matematiikka pohjana korkeakoulutason matematiikan opinnoille*. Jyväskylän yliopisto.
- Häikiö, L. & Niemenmaa, V. (2007). Valinnan paikat. Teoksessa Laine, M., Bamberg, J., & Jokinen, P. (toim.). *Tapaustutkimuksen taito*, 41–56. Helsinki: Gaudeamus.
- Ilomäki, L. (2012). E-oppimateriaalit oppimisen ja opettamisen tukena. Teoksessa Ilomäki, L. (toim.). *Laatua e-oppimateriaaleihin.*, 7–11. Opetushallitus.
- Jackson, A., Gaudet, L., McDaniel, L., & Brammer, D. (2009). Curriculum integration: The use of technology to support learning. *Journal of College Teaching and Learning*, 6(7), 71.
- Kankaanranta, M. (2015). Digitaaliset oppimateriaalit–suuntana oppimisen adaptiivisuus ja vuorovaikutteisuus. Teoksessa Kaisla, M., Kutvonen-Lappi, T., & Kankaanranta, M. (toim.). *Digitaalinen oppimateriaali koulun arjessa*, 11–24. Jyväskylän yliopisto.
- Kent, P. & Noss, R. (2003). *Mathematics in the university education of engineers: a report to the Ove Arup Foundation*. Ove Arup Foundation.
- Keong, C. C., Horani, S., & Daniel, J. (2005). A study on the use of ict in mathematics teaching. *Malaysian Online Journal of Instructional Technology*, 2(3), 43–51.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics*. Mathematics Learning Study Committee, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education, National Research Council. National Academy Press.
- Kingston, N. & Nash, B. (2011). Formative assessment: A meta-analysis and a call for research. *Educational measurement: Issues and practice*, 30(4), 28–37.
- Kyle, J. (2009). Key aspects of teaching and learning in mathematics and statistics. Teoksessa Fry, H., Ketteridge, S., & Marshall, S. (toim.). *A handbook for teaching and learning in higher education: Enhancing academic practice.*, 246–255. Kogan Page.
- Lafuente, M., Remesal, A., & Álvarez Valdivia, I. M. (2014). Assisting learning in e-assessment: a closer look at educational supports. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 39(4), 443–460.
- Laine, M., Bamberg, J., & Jokinen, P. (2007). Tapaustutkimuksen käytäntö ja teoria. Teoksessa Laine, M., Bamberg, J., & Jokinen, P. (toim.). *Tapaustutkimuksen taito*, volume 2, 9–40. Helsinki: Gaudeamus.
- Laine, T. (2001). Miten kokemusta voidaan tutkia? fenomenologinen näkökulma. Teoksessa Aaltola, J. & Valli, R. (toim.). *Ikkunoita tutkimusmetodeihin II. Näkökulmia aloittelevalle tutkijalle tutkimuksen teoreettisiin lähtökohtiin ja analyysimenetelmiin.*, 26–43. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Lappalainen, M. (1997). Arvioinnin merkitys yliopiston opetuksen ja oppimisen osana. Teoksessa *Opetus, oppiminen ja arviointi. Turun yliopiston arviointijärjestelmän rakentaminen.*, 7–37. Turun yliopisto. Hallintoviraston julkaisusarja 4/97.

- Latvala, J.-M. (2007). Tietotekniikasta tehoa kodin ja koulun yhteistyöhön. *Psykologia*, 42(5).
- Lavicza, Z. (2006). The examination of computer algebra systems (cas) integration into university-level mathematics teaching. *proceedings of ICMI Study*, 17.
- Lawson, D. A., Carpenter, S. L., & Croft, A. C. (2008). Mathematics support: Real, virtual and mobile. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 15(2).
- Levonen, J., Joutsenvirta, T., & Parikka, R. (2005). Blended learning - katsaus sulautuvaan yliopisto-opetukseen. *Piirtoheitin. Verkko-opetuksen verkkolehti*, 3. Saatavilla <http://blogs.helsinki.fi/piirtoheitin/2005/12/16/sulautus1/>. Viitattu 5.6.2016.
- Li, Q. & Ma, X. (2010). A meta-analysis of the effects of computer technology on school students' mathematics learning. *Educational Psychology Review*, 22(3), 215–243.
- Linckels, S., Kreis, Y., Reuter, R. A., Dording, C., Weber, C., & Meinel, C. (2009). Teaching with information and communication technologies: preliminary results of a large scale survey. Teoksessa *Proceedings of the 37th annual ACM SIGUCCS fall conference: communication and collaboration*, 157–162.
- Llorens, M., Nevin, E., & Mageean, E. (2014). Online resource platform for mathematics education. Teoksessa *2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings*, 1–8. IEEE.
- Loch, B., Gill, O., & Croft, T. (2012). Complementing mathematics support with online mathscasts. *ANZIAM Journal*, 53, 561–575.
- Lodico, M. G., Spaulding, D. T., & Voegtle, K. H. (2010). *Methods in educational research: From theory to practice*, volume 28. John Wiley & Sons.
- Luhan, J., Novotna, V., & Kriz, J. (2013). Ict support for creative teaching of mathematic disciplines. *Interdisciplinary Studies Journal*, 2(3), 89.
- Mac an Bhaird, C. & O'Shea, A. (2011). The role of technology in mathematics support: A pilot study. *Teaching Mathematics Online: Emergent Technologies and Methodologies: Emergent Technologies and Methodologies*, 367.
- Majander, H. & Rasila, A. (2010). Experiences of continuous formative assessment in engineering mathematics. *Tutkimus suuntaamassa*, 197–214.
- Masouros, S. D. & Alpay, E. (2010). Mathematics and online learning experiences: a gateway site for engineering students. *European Journal of Engineering Education*, 35(1), 59–78.
- Mazzocco, M. M. M. (2007). Defining and differentiating mathematical learning disabilities and difficulties. Teoksessa Berch, D. B., Mazzocco, M. M. M., & Ginsburg, H. P. (toim.). *Why is math so hard for some Children? The Nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities.*, 29–63. Paul H. Brookes Publishing.

- McLeod, K. G. (2011). An investigation of the relationships between educational technology and mathematics achievement of students with learning disabilities. Väitöskirja. University of Southern Mississippi.
- Mejias, S., Grégoire, J., & Noël, M.-P. (2012). Numerical estimation in adults with and without developmental dyscalculia. *Learning and Individual Differences*, 22(1), 164–170.
- Mertens, D. M. (2014). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*. Sage Publications.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded source-book*. sage.
- Mumm, K., Karm, M., & Remmik, M. (2015). Assessment for learning: Why assessment does not always support student teachers' learning. Teoksessa *Journal of Further and Higher Education*, 1–24. Taylor & Francis.
- Niss, M. (2006). The structure of mathematics and its influence on the learning process. Teoksessa Maasz, J. & Schloeglmann, W. (toim.). *New mathematics education research and practice*, 51–62. Sense Publishers.
- Oliver, R. (2002). The role of ict in higher education for the 21st century: Ict as a change agent for education. Retrieved April, 14, 2007.
- Ostad, S. A. (2008). Children with and without mathematics difficulties. aspects of learner characteristics in a developmental perspective. Teoksessa Dowker, I. A. (toim.). *Mathematical Difficulties. Psychology and Intervention*, 143–153. Academic Press.
- Paavola, S. & Hakkarainen, K. (2005). The knowledge creation metaphor—an emergent epistemological approach to learning. *Science & Education*, 14(6), 535–557.
- Parsons, S. & Adams, H. (2005). Success in engineering mathematics. *MSOR Connections*, 5(1), 31–34.
- Passila, H. & Manninen, K. (2011). Joustavat opiskelumahdollisuudet. Teoksessa Myller, E. (toim.). *Oppaiden opas - vinkkejä opetukseen opintopolun eri vaiheissa*, 66–70. Aalto-yliopisto.
- Patel, C. & Rossiter, J. A. (2011). Encouraging engagement with mathematics through course change and additional support. *MSOR connections*, 11(2), 32–36.
- Petticrew, M. (2001). Systematic reviews from astronomy to zoology: myths and misconceptions. *British medical journal*, 322(7278), 98.
- Pettigrew, J. & Shearman, D. (2013). Piloting an online mathematics and statistics tutoring service. Teoksessa *Proc. of the 30th ascilite conference: Electric Dreams*.
- Rasila, A., Havola, L., Alestalo, P., Malinen, J., & Majander, H. (2011). Matematiikan perusopetuksen kehittämistoimia ja tulosten arviointia. *Tietojenkäsittelytiede*, 33, 43–54.

- Rasila, A., Havola, L., Majander, H., & Malinen, J. (2010). Automatic assessment in engineering mathematics: evaluation of the impact. Teoksessa *ReflekTori 2010 Symposium of Engineering Education*, 37–45.
- Rasila, A., Malinen, J., & Tiitu, H. (2015). On automatic assessment and conceptual understanding. *Teaching Mathematics and its Applications*, 1–11.
- Raunio, K. (1999). *Positivismi ja ihmistiede. Sosiaalitutkimuksen perustat ja käytännöt*. Helsinki: Gaudeamus.
- Rennie, F. & Morrison, T. (2013). *E-learning and social networking handbook: Resources for higher education*. Routledge.
- Repo, S. (1996). *Matematiikkaa tietokoneella: derivaatan käsitteen konstruoiminen symbolisen laskennan ohjelman avulla*. Joensuun yliopisto.
- Rienties, B., Tempelaar, D., Waterval, D., Rehm, M., & Gijsselaers, W. (2006). Remedial online teaching on a summer course. *Industry and Higher Education*, 20(5), 327–336.
- Rossmann, G. B. & Wilson, B. L. (1985). Numbers and words combining quantitative and qualitative methods in a single large-scale evaluation study. *Evaluation review*, 9(5), 627–643.
- Rovai, A. P. & Jordan, H. (2004). Blended learning and sense of community: A comparative analysis with traditional and fully online graduate courses. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 5(2). Saattavilla <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/viewArticle/192/274>. Viitattu 5.6.2016.
- Räsänen, P. & Ahonen, T. (2004). Oppimisvaikeudet matematiikassa - neuropsykologinen näkökulma. Teoksessa Räsänen, P., Kupari, P., Ahonen, T., & Malinen, P. (toim.). *Matematiikka: Näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen*, 274–300. Niilo Mäki Instituutti.
- Sadler, D. R. (1989). Formative assessment and the design of instructional systems. *Instructional science*, 18(2), 119–144.
- Salminen, A. (2011). Mikä kirjallisuuskatsaus? *Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. Opetusjulkaisuja*, 62.
- Sangwin, C. (2007). Stack: making many fine judgements rapidly. Teoksessa *CAME 2007 – the fifth CAME symposium*, 1–15.
- Sangwin, C. (2013). *Computer aided assessment of mathematics*. OUP Oxford.
- Schmid, R. F., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Tamim, R., Abrami, P. C., Wade, C. A., Surkes, M. A., & Lowerison, G. (2009). Technology's effect on achievement in higher education: a stage i meta-analysis of classroom applications. *Journal of computing in higher education*, 21(2), 95–109.
- Schwartz, P. (2002). Gain without pain? Teoksessa Schwartz, P. & Webb, G. (toim.). *Assessment: Case studies, experience and practice from higher education.*, 25–31. Kogan Page.

- Seiler, R., Grudzinski, M., Daalderop, F., Daudt, J., Hanke, M., Kurt, N., Rasila, A., & Tiitu, H. (2014). Bridging math-gaps with the learning environment mumie: The european project s3m2 and the german math-bridge course omb+ for the enhancement of student mobility. Teoksessa *EADTU 2014-Open and Flexible Higher Education Conference: New Technologies and the Future of Teaching and Learning*, 367–382.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1–23.
- Sierpinska, A. (1994). *Understanding in mathematics*. Psychology Press.
- Silius, K., Miilumäki, T., Pohjolainen, S., Rasila, A., Alestalo, P., Harjula, M., & Valkeila, E. (2009). Perusteet kuntoon. apuneuvoja matematiikan opiskelun aloittamiseen. Teoksessa Viteli, J. & Östman, A. (toim.). *Interaktiivinen tekniikka koulutuksessa 2009 - konferenssin tutkijatapaamisen artikkelit. Interaktiivisen median tutkimuksia*.
- Simons, P. R.-J. (1993). Constructive learning: The role of the learner. Teoksessa *Designing environments for constructive learning*, 291–313. Springer.
- Singh, H. (2003). Building effective blended learning programs. *Educational Technology*, 43(6), 51–54.
- Skemp, R. R. (1987). *The psychology of learning mathematics*. Psychology Press.
- Sosnovsky, S., Ditrich, M., Andrés, E., Goduadze, G., Winterstein, S., Libbrecht, P., Siekmann, J., & Melis, E. (2014). Math-bridge: Closing gaps in european remedial mathematics with technology-enhanced learning. Teoksessa *Mit werkzeugen mathematik Und stochastik lernen—using tools for learning mathematics and statistics*, 437–451. Springer.
- Sousa, D. A. (2008). *How the brain learns mathematics*. Corwin Press.
- Stake, R. E. (1995). *The Art of Case Study Research*. Sage.
- Sturm-Beiss, R. (2013). The efficacy of online exam-review sessions: Reaching both high- and low-performing students. *Journal of Online Learning and Teaching*, 9(3), 431.
- Sutherland, R. (2006). *Teaching for learning mathematics*. McGraw-Hill Education (UK).
- Sárka, H. & Pavlína, R. (2008). Experience of mathematics blended learning at the university university of defence. *The Changing Face of Adults Mathematics Education: Learning from the Past, Planning for the Future*, 177.
- Tall, D. (2002). The psychology of advanced mathematical thinking. Teoksessa *Advanced mathematical thinking*, 3–21. Springer.
- Tanner, H. & Jones, S. (2000). Using ict to support interactive teaching and learning on a secondary mathematics pgce course.
- Toikkanen, T. (2012). Sosiaalinen media ja oppimisen uudet mahdollisuudet. Teoksessa Ilomäki, L. (toim.). *Laatua e-oppimateriaaleihin.*, 25–33. Opetushallitus.

- Tolley, P. A., Blat, C., McDaniel, C., Blackmon, D., & Royster, D. (2012). Enhancing the mathematics skills of students enrolled in introductory engineering courses: Eliminating the gap in incoming academic preparation. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(3), 74.
- Tselios, N. K., Daskalakis, S., & Papadopoulou, M. (2011). Assessing the acceptance of a blended learning university course. *Educational Technology & Society*, 14(2), 224–235.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Tammi.
- Van Den Brink, J. (1991). Didactic constructivism. Teoksessa Von Glasersfeld, E. (toim.). *Radical constructivism in mathematics education*, 195–227. Springer.
- Von Glasersfeld, E. (1991). An exposition of constructivism: Why some like it radical. Teoksessa Klir, G. J. (toim.). *Facets of systems science*, 229–238. Springer.
- Yin, R. K. (2013). *Case study research: Design and methods*. Sage publications.

A Liitteet

Liite 1: Kurssin MS-A0002 osallistujille lähetetty sähköposti

Osallistu kurssin tukimuotoja käsittelevään tutkimukseen ja ansaitse ylimääräinen laskaripiste!

Hei! Olen Juuso Nieminen, viidennen vuoden matematiikan opiskelija Helsingin yliopistosta. Tutkin pro gradu -työssäni matematiikan opinnoissa tarjottavaa tukea Matriisilaskenta-kurssilla (MS-A0002). Ohjaajanani toimii Antti Rasila. Erityisen kiinnostunut olen verkossa tarjottavista tukimuodoista. Kerään työhöni aineistoa sekä kyselylomakkeen että haastattelujen keinoin – molempien tulokset käsitellään täysin anonymisti.

Kurssilla tarjottavaa tukea käsittelevään kyselylomakkeeseen voit vastata osoitteessa <https://elomake.helsinki.fi/lomakkeet/76902/lomake.html>. Kyselylomakkeen täyttämistä varten kannattaa varata aikaa noin 10-15 minuuttia. Voit jättää lomakkeeseen opiskelijanumerosi, jolloin saat kurssille yhden ylimääräisen laskuharjoituspisteen. Opiskelijanumero poistetaan tiedoistasi heti pisteen lisäämisen jälkeen, joten voit vastata kyselyyn täysin anonymisti.

Etsin työhöni myös kurssin opiskelijoita haastateltaviksi. Haastattelut tehdään Otaniemessä (tai muussa haastateltavalle kätevästi sopivassa paikassa) 1.-17.2. ja niitä varten on syytä varata aikaa noin 30 minuuttia. Myös haastatteluun osallistumisesta on tarjolla yksi ylimääräinen laskuharjoituspiste. Lisäksi haastattelija tarjoaa mielellään osallistujille kahvit. Haastattelut voidaan suorittaa niin yksilö- kuin ryhmähaastatteluina, joten voit ilmoittautua myös kaverin kanssa.

Haastateltavaksi voit ilmoittautua osoitteessa juuso.h.nieminen@helsinki.fi. Ehdota viestissäsi sinulle käyvää haastattelu-aikaa ja -paikkaa.

Tässä siis mainio tilaisuus vaikuttaa opetuksen ja tuen kehityksen tutkimukseen – sekä toki ansaita ylimääräisiä laskaripisteitä!

Ystävällisin terveisin,

Juuso Nieminen

juuso.h.nieminen@helsinki.fi

Liite 2: Kyselölomake

Mukailtu e-lomakkeen kautta lähetetystä kyselystä. Radionapit on korvattu listauksilla. Pakolliset avoimet kysymykset on merkitty tähdellä.

Suostumus tietojen tutkimuskäyttöön luovutukseen

Olen lukenut ja ymmärtänyt saamani tutkimustiedotteen ja saanut riittävästi tietoa tutkimuksen kulusta. Olen ymmärtänyt, että osallistumiseni tutkimukseen on täysin vapaaehtoista ja että voin missä tutkimuksen vaiheessa tahansa keskeyttää tutkimuksen ilman mitään seuraamuksia. Minulle on selvitetty, että halutessani saan alla nimetyltä tutkijalta lisätietoja tutkimuksen yleisistä periaatteista ja edistymisestä tai itseäni koskevista tuloksista.

Olen ymmärtänyt, että kaikki tutkimuksessa kerättävä tieto on tarkoitettu yksinomaan tieteelliseen käyttöön eikä mitään osaakaan siitä luovuteta tutkittavalle itselleen.

Minua koskeva tutkimusaineisto ja mittauksien tulokset ovat vain tutkimusryhmän tutkijoiden käytettävissä. Tutkimuksesta vastaava tutkija voi kuitenkin antaa muiden yhteistyökumppaniensa analysoida tutkimusaineistoa- ja tuloksia tieteellisiä tarkoituksia varten tai pyytää asiantuntijakonsultaatiota odottamattomien sivulöydösten vuoksi ilman erillistä lupaa. Tällöin on huolehdittava siitä, että tulosten anonymiteetti on varmistettu. Tutkimusaineiston kaikenlainen kaupallinen hyödyntäminen on kielletty.

Minua koskevaa tutkimusaineistoa ja mittauksien tuloksia voidaan käyttää ilman erillistä uutta suostumusta saman tutkijan Aalto-yliopistossa harjoittamaan muuhun tutkimukseen, joka liittyy samaan tutkimusalueeseen.

- Suostun luovuttamaan tietoja tutkimuskäyttöön.
- Kieltäydyn luovuttamasta tietoja tutkimuskäyttöön.

Perustiedot

Ikä

- 18-19
- 20-21
- 22-23
- 24-25
- 26-27
- 28+

Kuinka monta vuotta olet opiskellut yliopistossa?

- 1 tai vähemmän

- 2
- 3
- 4
- 5
- 6 tai enemmän

Kurssin suoritustapa

- Luentokurssi
- MOOC

* Oppilaitos ja pääaine

Opiskelijanumero

Oppimisen haasteet

* A) Kerro tässä, mitkä asiat vaikeuttivat tällä kurssilla oppimistasi. Kerro myös, miten nämä asiat vaikeuttivat oppimistasi tai opiskeluasi. (avoin kysymys)

Seuraavaan monivalintakysymykseen vastataan asteikolla 1 - 7. Alla näet vastausohjeen:

- 1: En hallitse taitoa lainkaan.
- 2: Hallitsen taidon huonosti.
- 3: Hallitsen taidon välttävästi..
- 4: En osaa sanoa.
- 5: Hallitsen taidon kohtalaisesti.
- 6: Hallitsen taidon hyvin.
- 7: Hallitsen taidon täydellisesti.

* B) Arvioi asteikolla 1 - 7, **kuinka hyvin hallitset** seuraavat taidot tällä kurssilla.

- 1) Kurssiin liittyvien käsitteiden syvälinen ymmärrys
- 2) Tarkkuus matematiikan laskuissa ja merkinnöissä
- 3) Matriiseihin liittyvät ongelmanratkaisutaidot
- 4) Loogisen ajattelun taidot
- 5) Kurssin asioiden liittäminen hyödyllisiin tosielämän taitoihin
- 6) Matriiseihin liittyvien käsitteiden yhteydet toisiinsa
- 7) Nopea laskurutiini
- 8) Tunne omasta osaamisesta
- 9) Uudenlaisten, ei-rutiininomaisten ongelmien ratkominen
- 10) Todistamisen taidot

- 11) Parempi asenne kurssia ja matematiikkaa kohtaan
- 12) Mekaaniset laskutaidot
- 13) Erilaisista matriisien laskumenetelmistä (mm. Schurin hajotelma, singulaariarvohajotelma) valitseminen
- 14) Faktojen yhdistäminen kokonaisuuksiksi
- 15) Perustelutaidot; ”Miksi käytin juuri tiettyä laskukaavaa tai hajotelmaa?”

C) Onko jotain muita taitoja, joita kokisit tarvitsevasi kurssilla lisää? (avoin kysymys)

Työskentelytavat kurssilla

Seuraavaan monivalintakysymykseen vastataan asteikolla 1 - 7. Alla näet vastausohjeen:

- 1: Työskentelytapa oli minulle hyödytön. En hyötynyt työskentelytavasta tällä kurssilla.
 - 2: Ei kovin tärkeä.
 - 3: Hieman tärkeä.
 - 4: En osaa sanoa.
 - 5: Jokseenkin tärkeä.
 - 6: Hyvin tärkeä.
 - 7: Työskentelytapa oli minulle äärimmäisen tärkeä. Työskentelytavalla oli todella suuri merkitys oppimiseeni.
- Merkitse myös ensimmäiseen sarakkeeseen, jos et käyttänyt työskentelytapaa tällä kurssilla lainkaan.

* D) Arvioi asteikolla 1 - 7, **kuinka tärkeä työskentelymuoto on ollut oppimisesi kannalta** tällä kurssilla.

- 1) Kaveriporukan kesken opiskelu
- 2) Helppojen perustehtävien harjoittelu
- 3) Tehtävätyyppien ulkoa muistaminen tenttiä varten
- 4) Ryhmäkeskustelut
- 5) Syvää ymmärrystä vaativat tehtävät
- 6) Konkreettisten esimerkkien itse tuottaminen (esimerkiksi matriisilaskujen liittäminen oman alasi tehtäviin)
- 7) Tehtävät, joita tehdessä voi itse tutkia ja oivaltaa
- 8) Opitun materiaalin liittäminen aiemmin käytyihin kursseihin
- 9) Konkreettisten esimerkkien harjoittelu (esimerkiksi matriisilaskujen liittäminen oman alasi tehtäviin)
- 10) Opiskelu yhdessä sellaisten ryhmäläisten kanssa, joita et ole tuntenut aiemmin
- 11) Materiaalin ulkoa muistaminen

E) Onko joku niistä työskentelymuodoista, joita et käyttänyt kurssilla, sellainen että siitä voisi mielestäsi olla hyötyä oppimisesi kannalta? Miksi? (avoin kysymys)

F) Onko joitain muita työskentelymuotoja, jotka koet oman oppimisesi kannalta hyödyllisiksi? Käytitkö työskentelytapaa tällä kurssilla? (avoin kysymys)

Kurssin arviointimenetelmistä

Tässä osassa kysyn Matriisilaskenta-kurssin arviointimenetelmistä. Vastaa avoimiin kysymyksiin niin perustellusti kuin pystyt.

G) Millaisista kurssin arviointimenetelmistä olet pitänyt? Miksi? (avoin kysymys)

H) Millaisista kurssin arviointimenetelmistä et ole pitänyt? Miksi? (avoin kysymys)

I) Kuinka kurssin erilaiset arviointimenetelmät ovat tukeneet oppimistasi? (avoin kysymys)

J) Kuinka parantaisit kurssin arviointia vastamaaan paremmin oman oppimisesi tukemista? (avoin kysymys)

Kurssilla tarjottu tuki

K) Millaista oppimisen tukea olet saanut kurssilla? (avoin kysymys)

L) Kuinka paljon tarjottu tuki on auttanut oppimistasi? (avoin kysymys)

M) Millaisia tukimuotoja olisit toivonut kurssille lisää oppimisesi kannalta? (avoin kysymys)

Liite 3: Haastattelupohjat

Kysymykset on tässä luokiteltu teemoihin tutkijan muistiinpanojen mukaan. Näitä eri teemoitteluja ei kuitenkaan mainittu haastateltaville.

Opiskelijan haastattelupohja:

Perustiedot

1. Ikä
2. Opiskelijavuosi
3. Kurssin suoritustapa
4. Oppilaitos ja pääaine

Oppimisen haasteet

5. Millainen tunne sinulla on omasta osaamisestasi Matriisilaskenta-kurssilla?
6. Kohtasitko kurssilla hankaluuksia oppimisen suhteen?
7. Mitä kurssin asioita et oppinut niin hyvin kuin olisit halunnut?
8. Mitkä olivat keskeiset oppimistasi vaikeuttavat asiat tällä kurssilla?
9. Millaista oppimisen tukea olet saanut kurssilla?
10. Millaisia tukimuotoja olisit toivonut kurssille lisää?

Työskentelytavat

11. Millaisia työskentelytapoja käytit kurssilla?
12. Millaisia työskentelytapoja käytit, kun halusit ymmärtää kurssin oppisisältöjä syvällisesti? Toimivatko ne?
13. Millaisia työskentelytapoja käytit, jos pyrit muistamaan materiaalia ulkoa? Toimivatko ne?
14. Olisitko kaivannut kurssille joitain sellaisia työskentelytapoja, joiden avulla olisit oppinut kurssin oppisisällöt paremmin?

Kurssin arviointimenetelmät

15. Millaisista kurssin arviointimenetelmistä olet pitänyt? Miksi?
16. Millaisista kurssin arviointimenetelmistä et ole pitänyt? Miksi?
17. Kuinka kurssin erilaiset arviointimenetelmät ovat tukeneet oppimistasi?
18. Kuinka parantaisit kurssin arviointia vastaamaan paremmin omaa oppimistasi?

Verkossa tarjottava tuki

19. Millä tavoin olet voinut tällä kurssilla hyötyä tietokoneesta oppimisen apuvälineenä?
20. Koetko, että verkkokeskustelu tai muu verkossa tapahtuva ryhmätyöskentely voisi edesauttaa oppimistasi kurssilla? Millä tavoin?
21. Haluaisitko mieluummin harjoitella tietokoneella tehtävien avulla helppoja perustehtäviä vai monimutkaisia, syvää ajattelua vaativia tehtäviä? Miksi?
22. Kuinka STACK-tehtävät ovat edistäneet oppimistasi tällä kurssilla?
23. Kuinka kehittäisit kurssin STACK-tehtäviä?
24. Millaisia tietokoneella tehtäviä toivoisit kurssille oppimisesi tueksi?
25. Oliko kurssilla joitain tukimuotoja, joita ei mielestäsi voisi siirtää verkkoon?
26. Omat mahdolliset kommentit liittyen tietokoneella tarjottavaan matematiikan tukeen?

Luennoitsijan haastattelupohja

Opiskelijoiden oppimisen haasteet

1. Oletko huomannut opiskelijoiden kohtaavan hankaluuksia kurssilla oppimisen suhteen? Millaisia?
2. Mitä kurssin sisältöjä opiskelijat eivät erityisesti ole ymmärtäneet?
3. Onko kurssilla voitu tarjota opiskelijoille heidän tarvitsemaansa tukea? Miksi, miksi ei?
4. Miten koet verkkomateriaalien tukeneen opiskelijoiden oppimista tällä kurssilla?
5. Kuinka koet nimenomaan STACK-tehtävien aseman tuen välineenä tällä kurssilla?
6. Koetko, että verkkokeskustelu tai muu verkossa tapahtuva ryhmätyöskentely voisi edesauttaa oppimistasi tällä kurssilla? Millä tavoin?
7. Millaisia tietokoneella tehtäviä toivoisit kurssille lisää oppimisesi tueksi?

Kurssiassistentin haastattelupohja

Opiskelijoiden oppimisen haasteet

1. Millainen tunne sinulla on yleisesti opiskelijoiden osaamisen tasosta Matriisilaskenta-kurssilla?
2. Oletko huomannut kurssilla opiskelijoiden kohtaavan hankaluuksia oppimisen suhteen? Millaisia?
3. Mitä kurssin sisältöjä opiskelijat eivät erityisesti ole ymmärtäneet?
4. Minkä seikkojen ajattelet olevan keskeisiä kurssilla opiskelijoiden oppimisen vaikeuttamisessa?
5. Oletko mielestäsi voinut tarjota opiskelijoille heidän tarvitsemaansa tukea? Miksi, miksi ei?

Työskentelytavat

6. Millaisia työskentelytapoja käytit laskuharjoitustilaisuuksissa?

Verkossa tarjottava tuki

7. Miten koet verkkomateriaalien tukeneen opiskelijoiden oppimista tällä kurssilla?
8. Kuinka STACK-tehtävät ovat mielestäsi toimineet tällä kurssilla? Ovatko ne edistäneet opiskelijoiden oppimista?
9. Kuinka kehittäisit kurssin STACK-tehtäviä?
10. Koetko, että verkkokeskustelu tai muu verkossa tapahtuva ryhmätyöskentely voisi edesauttaa oppimistasi tällä kurssilla? Millä tavoin?
11. Millaisia tietokoneella tehtäviä toivoisit kurssille oppimisesi tueksi?
12. Onko kurssilla joitain tukimuotoja, joita ei mielestäsi voisi siirtää verkkoon?
13. Omat mahdolliset kommentit liittyen tietokoneella tarjottavaan matematiikan tukeen?

Liite 4: Analyysitaulukko 1

Pelkistetty ilmaus	Alaluokka	Päiliuokka	Yhdistetty luokka
Kielelliset ongelmat (3)	Yksilölliset, terveyteen liittyvät tuen tarpeet	Oppimiseen liittyvät tuen tarpeet	Tukipalveluihin liittyvät tuen tarpeet (15)
Huono keskittymiskyky (1)			
Mielenterveyden ongelmat (2)			
Matematiikka oli liian abstraktia (1)	Matematiikan oppimiseen liittyvät tuen tarpeet		
Ongelmia matemaattisten merkintöjen kanssa (2)			
Kuvattu kurssin sisältöjen vaikeus (2)			
Edellisistä matematiikan opinnoista on jo kauan aikaa (2)			
Ei ryhmiä, jonka kanssa laskea tehtäviä vapaa-ajalla (1)	Sosiaalisen tuen puute	Oppimiseen välillisesti vaikuttavat tuen tarpeet	
Tekniset ongelmat (1)	Tekniset ongelmat oppimisen esteenä		
Kurssin materiaalit eivät ole olleet synkronoituja (6)	Eri kurssimateriaalit eivät kytkettyneet toisiinsa	Opiskelijoista riippumattomat kurssin	Strukturoituun opetussuunnitelmaan ja
Luentojen ajankohta oli liian aikainen (16)	Luentojen ajankohta epäsojiva	struktuurin puutteet	tavoitteiden selkeyteen liittyvät tuen tarpeet (45)
Ajan puute, kiire (12)	Kuvaukset kiireestä ja ajan puutteesta kurssilla	Yksilölliset ajan käytön puutteet ja kurssin struktuurin	
Ei käyttänyt tarpeeksi aikaa kurssin suorittamiseen (2)		tavoittamattomuuden kokemukset	
Ei ole tietoisesti panostanut kurssiin (2)			
Motivaation ongelmat (3)			
Ei osallistunut opetukseen, sillä se ei ollut pakollista (4)			
Verkkomateriaalit olivat epäselviä (10)	Kritikki verkkomateriaalien sisältöä kohtaan	Tolveet monipuolisemmasta sekä laajemmasta	Tukimuotojen monipuolisuuteen
Luentomateriaalin sisältö oli niukkaa (3)		verkkomateriaalista	liittyvät tuen tarpeet (15)
Tolvoisi enemmän aiheisiin johdattelevia tehtäviä (2)	Tolvoe monipuolisemmista tehtävistä		
Tolvoisi konkreettisia esimerkkejä (7)	Kurssin esimerkkitehtävien laadun tai määrän vähyyys		Konkreettisiin sovelluksiin liittyvät
Kaipaisi enemmän esimerkkejä (10)			tuen tarpeet (17)

Liite 5: Analyysitaulukko 2

Pelkistetty luokka	Alaluokka	Pääloukka	Yhdistävä luokka
Edellisestä matematiikan kurssista on neljä vuotta	Edellisistä matematiikan opinnoista on jo kauan	Matematiikan oppimiseen liittyvät vaikeudet	Tukipalveluihin liittyvät tuen tarpeet (26)
On viimeksi opiskellut matematiikan sisältöjä kauan sitten			
Matemaattiset merkinnät eivät ole tuttuja (3)	Matematiikan sisällöt aiheuttavat vaikeuksia		
Puutteelliset päässälaskutaidot			
Käsiteltävät sisällöt vaikeenevat viikko viikolta liian nopeasti			
Loppukurssin aiheet ovat vaikeita			
Osaa ratkaista tehtäviä muttei ymmärrä niitä oikeasti	Syvällisen ymmärtämisen puuttuminen	Yksilöllisen oppimisen tuen tarpeet	
Oppiminen ei ole syvällistä vaan pintapuolista (4)	kurssin sisällöistä		
Käyttää vain laskinta eikä ajattele itse			
Ei ole löytänyt omaa opiskelutyyliä	Kaipaa tukea opiskelutyyliin löytämisessä		
Ei saa luentomallista opetuksesta ylipäänsä paljon irti (2)			
On aiemmin opiskellut samoja aiheita leväperäisesti	Kaipaa tukea vastuun ottamisessa oman opiskelun suhteen		
Laiskuus			
Vastuun ottaminen omasta opiskelusta			
Aidinkielenä ruotsi	Materiaali ei ole omalla äidinkielellä		
Keskittymisen vaikeudet	Oppimisen muut vaikeudet		
Ei osaa arvioida omaa osaamista	Tarvitsee tukea oman osaamisen tason arvioimiseen		
Kaipaasi tietoa jo tehtävän aikana siitä, ymmärtääkö asiaa			
Tarve henkilökohtaiselle palautteelle			
Ei osaa hahmottaa, millä tasolla on muihin opiskelijoihin nähden	Oman osaamisen vertaaminen muihin		
Aikaiset aamuluennot (2)	Ajankäytön ongelmat	Opetuksen fyysiseseen järjestämispaikkaan liittyvät kuvaukset	Strukturoidun opetussuunnitelman ja tavoitteiden selkeyteen liittyvät tuen tarpeet (9)
Elämän muut kiireet (4)			
Ei pääse osallistumaan luennoille tai laskareihin (2)	Ei pääse fyysisesti paikalle		
Ei pysty usein olemaan fyysisesti paikalla Otaniemessä			
Kaipaa enemmän verkkomateriaalia	Kaipaa enemmän verkkomateriaalia	Kurssimateriaalin määrän riittämättömyys	Tukimuotojen monipuolisuuteen liittyvät tuen tarpeet (22)
Kokee verkkomateriaalit täysin riittämättömäksi			
Enemmän esimerkkejä ylipäänsä	Kaipaa enemmän muita kuin verkossa olevia materiaaleja		
Kaipaasi malliratkaisut kaikista tehtävistä			
Haluaisi enemmän palautettavia tehtäviä			
Kaipaa tarkempia välivaiheiden merkitsemistä esimerkkeihin	Kaipaa yksinkertaisempia esimerkkejä	Kurssimateriaalin laatuun liittyvät tuen tarpeet	
Kaipaa enemmän yksinkertaisia laskuesimerkkejä (4)			
Uudet kurssin asiat voisi esitellä yksinkertaisemmin			
Kaipaa monipuolisempia tehtäviä	Kaipaa muitakin kuin mekaanisia lasku-taitoja kehittäviä tehtäviä		
Kaipaasi enemmän ajattelua kehittäviä tehtäviä			
Kaipaasi ryhmää, jonka kanssa laskea	Opiskelijaryhmän tuen puuttuminen	Sosiaaliset tuen tarpeet	
Tarvitsee opiskelijaporukan tuen			
Ei ole ketään auttamatta, jos ei etene tehtävässä			
Kaipaasi ryhmäkeskustelua verkossa	Tarve verkossa tapahtuvalle sosiaaliselle tuelle		
Tarvitsisi pienen kynnyksen verkkokeskustelua kysymyksille			
Tarve lähiopetukseen (2)	Lähiopetuksen tarve		
Tarvitsee assistentin tuen			
Kokee, että on ohjaajan puutteen vuoksi jäänyt paitsi syvemmästä opp.			
Ei osaa yhdistää opittua laajempiin kokonaisuuksiin	Suurempien kokonaisuuksien muodostaminen	Kurssisisältöjen liittäminen muihin kurseihin ja ala-	Konkreettisiin sovelluksiin liittyvät tuen tarpeet (2)
Ei osaa liittää kurssin sisältöjä omaan alaansa	Sisällön liittäminen omaan ala-		

Liite 6: Analyysitaulukko 3

Opiskelija, joka koki hyötynensä tukikeinoista (N = 51)		
Telegram-keskustelu (1)	Verkkokeskustelun alustat	Monipuoliset tukikeinot (21)
Aktiivisempi keskustelupalsta (1)		
Videoita myös esimerkkitehtävistä (1)	Opetusvideot	
Linkkejä opetusvideoihin (2)		
Pidempiä videoita (1)		
Lisää videoita (3)		
Enemmän syventävää materiaalia (1)	Kurssin sisältöjä syventävät ja selventävät materiaalit	
Enemmän esimerkkitehtäviä (9)		
Tukeen suunnitellut tehtävät (2)	Tukea ajatellen optimoitu	Tukipalvelut (6)
Enemmän laskuharjoituksia (1)	kurssimateriaali	
Kurssin termit myös englanniksi (1)		
Yleisten kurssin virheiden esittely (1)		
Lisää lähiopetusta (1)	Lähiopetuksen lisääminen	
Läsnäolopisteitä laskuharjoitustilaisuuksista (2)	Pakollisen läsnäolon lisääminen	Strukturoitu opetussuunnitelma (2)
Enemmän konkreettisia esimerkkejä (3)	Omaan alaan liittyvät esimerkit	Konkreettiset sovellukset (3)

Opiskelija, joka on hyötynyt tuesta vaihtelevasti; ambivalentti tyyppi (N = 14)		
Keskustelupalsta verkossa (1)	Verkkokeskustelun alustat	Monipuoliset tukikeinot (4)
Telegram-keskustelu (1)		
Harjoituskokeet verkossa (2)	Lisäharjoittelumateriaali	
Enemmän esimerkkitehtäviä (2)	Kurssimateriaalin puutteet	Tukipalvelut (10)
Laadukkaampaa opetusmateriaalia (1)		
Enemmän yksinkertaisia tehtäviä (2)		
Lisää mainostusta laskutuvalla (1)	Tukipalvelujen heikko mainostus	
Tehtävien tarkastaminen yhdessä (1)	Tehtävien tarkastaminen ryhmissä	
Kurssisisältöjen tarkempi käsittely (1)	Sisältöjen tarkempi käsittely	
Lisää laskujen harjoittelua luennoilla (2)	luennoilla	

Opiskelija, joka ei kokenut hyötynensä tukikeinoista (N = 9)		
Aktiivinen keskustelupalsta verkossa (2)	Verkkokeskustelujen alustat	Monipuoliset tukikeinot (2)
Selkeämmät luentokalvot (3)	Kurssimateriaalin puutteet	Tukipalvelut (7)
Enemmän esimerkkitehtäviä (3)		
Enemmän lähiopetusta (1)	Lähiopetuksen lisääminen	